



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AGRICOLA

Diseño e instalación de un sistema de riego por microaspersión para el cultivo de Plátano (*Musa sp*), variedad Cuerno Enano en la finca La Porfía, municipio de Malpaisillo, departamento de León.

TRABAJO MONOGRÁFICO ELABORADO POR:

Br. Jonathan Daniel Mayorga Mendoza

Br. Josué Elías Aguilar Muñoz

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

TUTOR:

Ing. José Mamerto Méndez Úbeda

Managua, Nicaragua

Enero, 2013

DEDICATORIA

A Dios nuestro creador:

Por ser mi fortaleza, mi guía y mi dotador de salud, amor y sabiduría.

A mi madre: Martha Aguilar Muñoz

Por brindarme todo su amor, apoyo, comprensión y por ser la responsable de toda mi formación y mis logros, gracias madre eres la persona más importante en mi vida.

Br. Josué Elías Aguilar Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A Dios: por todas las bendiciones que me ha dado.

A mi madre: Martha Aguilar Muñoz

Porque gracias a sus grandes esfuerzos y sacrificios pude ingresar a la universidad y culminar mis estudios, apoyándome incondicionalmente y brindándome consejos en todos los momentos y por ser mi fuente de inspiración.

A mi hermano: Lester Aguilar

Por toda su ayuda brindada durante toda mi formación universitaria y por ser un hermano ejemplar, creando en mi un espíritu de superación.

Al Ing. José Méndez Úbeda:

Por la tutoría de nuestro trabajo, aportando sus recomendaciones e indicaciones pertinentes en la realización del mismo.

Br. Josué Elías Aguilar Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, Gerardo Daniel Mayorga Zelaya y María del Carmen Mendoza Zelaya por contribuir en el proceso de mi formación personal y académica.

A nuestro tutor de monografía, Ing. José Méndez Úbeda por sus indicaciones y recomendaciones oportunas en la realización de nuestro trabajo de titulación.

Al propietario de la finca en donde se realizó este trabajo, Leoncio Vanegas por confiarnos su inversión en la realización de éste proyecto.

A los que conforman el Departamento de Ingeniería Agrícola de esta universidad por contribuir al desarrollo de la carrera y a la formación de sus estudiantes.

A la Universidad Nacional de Ingeniería como institución educativa que abriga a los aspirantes a las diversas carreras de ingeniería, incluyéndome.

Br. Jonathan Daniel Mayorga Mendoza

Resumen

Este trabajo presenta los resultados del diseño agronómico e hidráulico de un sistema de riego por Microaspersión para plátano, su posterior instalación y la estimación de los costos de producción del cultivo al implementarle este método de riego.

El diseño fue proyectado para un área de 1 Mz en la finca La Porfía, Malpaisillo-León cuyas condiciones son aptas para el desarrollo de éste plantío, atendiendo a la necesidad del agricultor de tecnificar su producción.

La metodología utilizada para cumplir con lo antes descrito consistió en realizar las siguientes actividades en campo: el levantamiento topográfico del área en estudio, la investigación de las condiciones edafoclimáticas del lugar, y la inspección y evaluación de la fuente de abastecimiento de agua; a partir de los datos obtenidos se llevo a cabo su respectivo procesamiento y análisis para la realización del diseño.

En el diseño agronómico se logró determinar los parámetros de riego referentes al modo, ocasión y cantidad de agua a aplicar. Con la elección del Microaspersor y la distribución de los componentes del sistema se concluye que en un tiempo de riego de 1.8 horas al día se cumple con la máxima demanda hídrica del cultivo de 7.2 mm/día que se expresa en una dosis de aplicación de 20 lts/planta/día.

Con el diseño hidráulico se define el funcionamiento del sistema para cumplir lo establecido en el diseño agronómico, de tal manera que se determinan las presiones y caudales de trabajo, las pérdidas de carga y otras variables; concluyendo que al poner a trabajar el Microaspersor a una presión de 10 m.c.a, la presión necesaria al inicio del sistema es de 20 psi requiriendo así una potencia de 1.2 HP en el equipo motobomba.

Después de cumplido lo antes mencionado se finalizó este trabajo con la instalación y funcionamiento del sistema de riego orientado siempre a la finalidad de obtener buenos rendimientos del cultivo.

INDICE

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	2
1.1. INTRODUCCIÓN	3
1.2. ANTECEDENTES.....	4
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	5
1.4. OBJETIVOS	6
1.4.1. Objetivo General	6
1.4.2. Objetivos Específicos.....	6
1.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	7
1.5.1. Macro y Micro localización	7
1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA.....	8
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO	9
2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS.....	10
2.1.1. Textura	10
2.1.2. Estructura.....	10
2.1.3. Porosidad.....	10
2.1.4. Densidad aparente.....	10
2.2. EL AGUA EN EL SUELO	10
2.2.1. Contenido de Humedad.....	10
2.2.2. Tipos de agua o niveles de humedad en el suelo	11
2.2.3. Infiltración.....	14
2.2.4. Pérdidas de agua en el suelo.....	15
2.3. CONCEPTOS BÁSICOS DEL RIEGO.....	16
2.3.1 El clima relacionado con el cultivo y el riego.....	16
2.3.2 Necesidades hídricas de los Cultivos.....	17
2.3.3 Calidad del Riego	19
2.3.4 Necesidades de riego	21
2.3.5 Relaciones Suelo-Agua	22
2.3.6 Duración del Riego.....	23

2.3.7	Frecuencia de Riego	23
2.3.8	Estrategias de riego	23
2.3.9	Calidad del agua de Riego	25
2.4	DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO	28
2.4.1	Diseño Agronómico	28
2.4.2	Diseño Hidráulico	28
2.5	RIEGO POR MICROASPERSIÓN	29
2.5.1	Componentes de la instalación de Sistema de Riego por Microaspersión ..	29
2.5.2	Ventajas y Limitaciones.....	32
2.6	GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PLÁTANO	33
2.6.1	Importancia del cultivo de plátano	33
2.6.2	Variedad cuerno enano	33
2.6.3	Taxonomía.....	34
2.6.4	Fenología.....	34
2.6.5	Morfología	35
2.6.6	Plagas del cultivo de plátano.....	37
2.6.7	Enfermedades del cultivo de plátano	38
2.6.8	Labores culturales	39
2.6.9	Requerimientos Agroclimáticos	44
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA		47
3.1	METODOLOGÍA UTILIZADA.....	48
3.1.1	Levantamiento Topográfico del Área de Riego	48
3.1.2	Estudio del Suelo	48
3.1.3	Aforo de la Fuente de Abastecimiento (Pozo).....	49
3.1.4	Análisis de Agua para Riego.....	49
3.1.5	Descripción de las Condiciones Climáticas	49
3.1.6	Diseño Agronómico del Sistema de Riego por Microaspersión	50
3.1.7	Diseño Hidráulico del Sistema de Riego por Microaspersión	54
3.1.8	Costos de Producción del Plátano con Riego por Microaspersión	69
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS		72
4.1	DISEÑO AGRONÓMICO	73
4.2	DISEÑO HIDRÁULICO	77

4.3 RESULTADOS.....	84
CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	88
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES.....	91
CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA.....	93
CAPITULO VIII: ANEXOS	98

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. INTRODUCCIÓN

El riego consiste en proporcionar a los cultivos el agua que necesitan para su buen desarrollo, con el objetivo de garantizar una mayor producción.

En la actualidad en Nicaragua, existe un fuerte empuje del micro riego, como una estrategia prodigiosa para el desarrollo agrícola y continuará incrementándose en la medida en que se tome como una vía para el desarrollo de los procesos agrícolas hacia una modernización del sector.

El riego por Microaspersión permite un ahorro importante de agua con respecto a otros métodos (aspersión y superficial), además de un mejor control en el uso del agua, aporta a la planta fertilizantes y otros productos fitosanitarios, y a su vez reduce la degradación de los suelos en términos de erosión y salinización. Es por ello que un buen diseño del sistema contribuye al incremento de los rendimientos del cultivo.

El diseño de una instalación de riego es un proceso muy importante ya que de él depende el buen funcionamiento posterior del sistema. El proceso de diseño se divide en dos fases, diseño agronómico del riego, con el que se determina la cantidad de agua que ha de transportar la instalación, correspondiente a las necesidades brutas de riego en las épocas de máxima necesidad; y diseño hidráulico de la instalación, cuyo fin es determinar las dimensiones, ubicación y funcionamiento óptimo de las conducciones, componentes y resto de elementos, para satisfacer las exigencias establecidas previamente en el diseño agronómico.

El presente trabajo consistió en el diseño e instalación de un sistema de riego por Microaspersión para el cultivo de plátano, basado en un estudio de los factores y condiciones físicas de la finca “La Porfía”, en donde se proyectó el sistema; primordialmente las características hidrofísicas del suelo, la valoración de la calidad y disponibilidad de la fuente de agua, agentes climáticos y otros parámetros referidos a las relaciones suelo-agua-planta. Presentando también la determinación de los costos de producción de dicho cultivo implementándole el antes mencionado sistema de riego.

1.2. ANTECEDENTES

En Nicaragua la agricultura bajo riego se inició en la década de los 50's para plantaciones de banano y caña de azúcar, haciendo uso de sistemas de riego no tecnificado. En la década de 80's se introducen los sistema de riego por aspersión con pivote central automatizado. En estos tiempos el riego localizado tiene un gran auge como la solución a distintos problemas económicos y ambientales referidos a la actividad del riego para la producción de los cultivos.

Actualmente Instituciones como el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA) y el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) proponen programas para el desarrollo y mejoramiento de los sistemas de riego y mecanización agrícola en las áreas disponibles de mayor potencial productivo, esto como un apoyo a los servicios del sector agropecuario para cubrir la demanda de una mayor producción agrícola que conlleve el progreso integral del sector rural.

En los últimos años han surgido los proyectos de inversión para cambiar los sistemas de riego tradicionales a sistemas presurizados para hacer un uso eficiente del recurso agua. Estos sistemas de riego presurizados se están utilizando principalmente en cultivos hortícolas y frutales, reportándose en todos los casos mayores rendimientos por volumen de agua utilizado.

La finca “La Porfía” ubicada en el municipio de Malpaisillo cuenta con dos pozos excavados a mano, uno para uso doméstico y el otro con fines al riego del cultivo de plátano. La finca no cuenta con sistemas de riego.

El proyecto de riego establecido en esta finca, contribuirá a la obtención de altos rendimientos en el cultivo de plátano y servirá de iniciativa en la difusión del uso de riego tecnificado como una estrategia económica para la producción de los cultivos y el posterior desarrollo agrícola en esta zona.

1.3. JUSTIFICACIÓN

Ante el incremento de los costos de mano de obra agrícola y el déficit mundial del agua, los agricultores del mundo encuentran que es más justificable económicamente usar sistemas de riego presurizados para aplicar agua al suelo.

El cultivo de musáceas (plátano) se cataloga como un cultivo potencialmente rentable y como una alternativa de sustento alimenticio para la población nacional y como materia de exportación, genera ingresos de corto plazo al productor, y empleos permanentes en las actividades de manejo de la plantación.

En Nicaragua uno de los problemas que presenta el cultivo es el poco desarrollo tecnológico en las diferentes etapas de su proceso productivo, la ineficiencia del riego es uno de ellos. Debido a la ausencia de sistemas de riego, la producción es de carácter estacional por depender de la época lluviosa.

En la finca “La Porfía” se establecerá el plantío de plátano con la implementación de un sistema de riego por Microaspersión, por lo que nos concierne realizar su respectivo diseño, basado en nuestra investigación y análisis de las condiciones edafoclimáticas del lugar y de otros factores tanto físicos como técnicos-económicos necesarios para efectuar dicho diseño.

El buen diseño del sistema de riego le servirá al productor como una herramienta en el uso eficiente y racional de los recursos agua-suelo de los que él dispone, para que obtenga buenos rendimientos en su cultivo, a la vez podrá establecer plantaciones escalonadas de tal forma que pueda producir todo el año.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Diseñar e instalar un sistema de riego por Microaspersión para el cultivo del plátano (Musa sp).

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las propiedades hidrofísicas del suelo y las condiciones edafoclimáticas de la zona.
- Realizar el diseño agronómico e hidráulico del sistema de riego por Microaspersión para el cultivo del plátano.
- Determinar los costos de producción del cultivo de plátano utilizando riego por Microaspersión.
- Realizar la instalación del sistema de riego.

1.5. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

1.5.1. Macro y Micro localización

La investigación se llevó a cabo en la finca “La Porfía” ubicada en el municipio de Malpaisillo, departamento de León, localizada entre las coordenadas geográficas 12° 34' 58" y 12° 34' 59" latitud norte, 86° 28' 31" y 86° 29' 12" longitud oeste, a una altitud de 65 msnm (Ver Figura1).

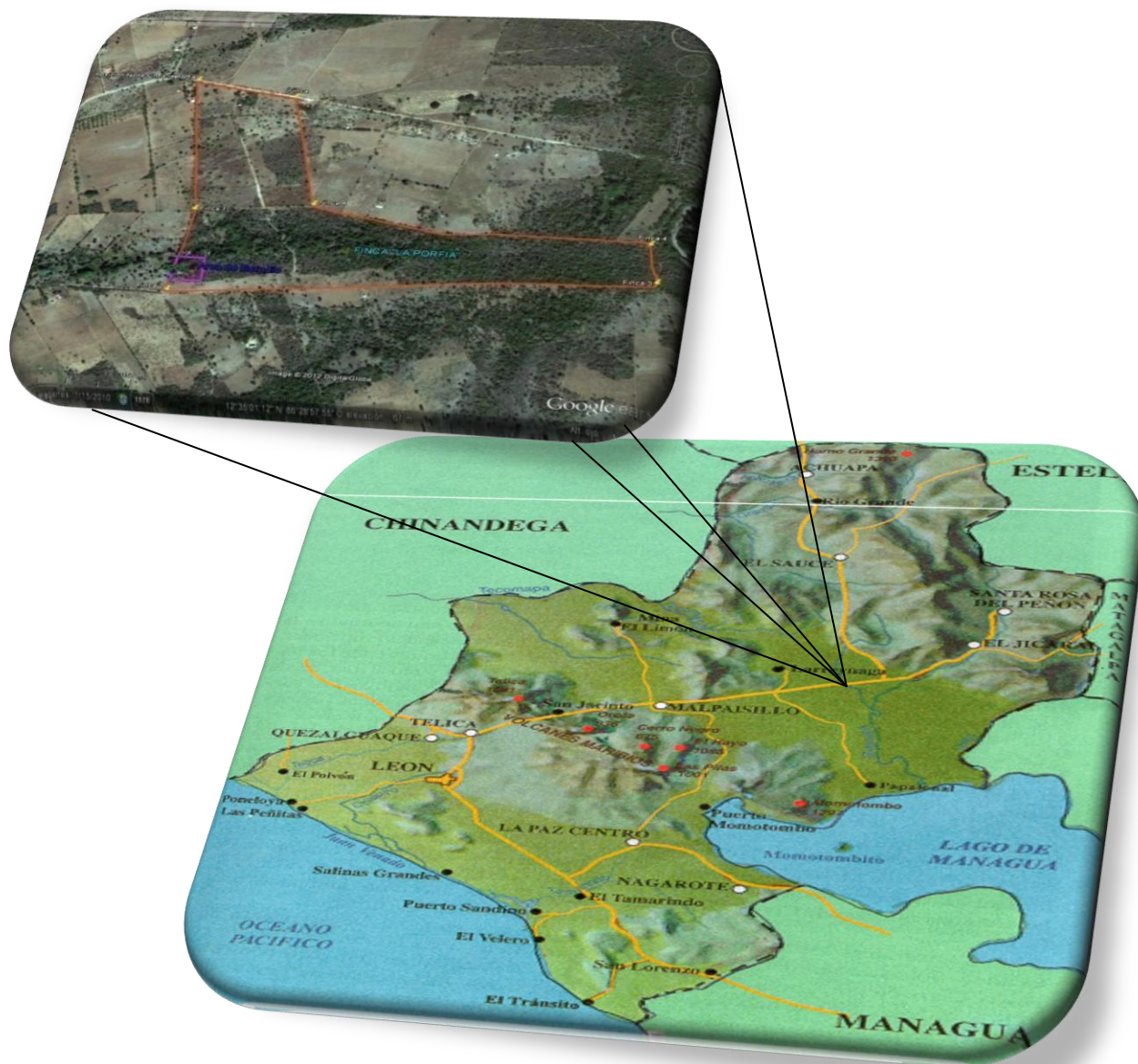


Figura 1: Macro y Micro localización.

1.6. DESCRIPCIÓN DE LAS CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA ZONA

El clima de Malpaisillo, es el tropical de sabana, que se caracteriza por una marcada estación seca de seis a siete meses de duración. La temperatura del municipio oscila entre 27 a 30 °C, con precipitación media anual de 1179 mm.

La temperatura mínima de la zona según registros de la estación meteorológica, se presentan en el mes de diciembre con valores alrededor de los 20°C y la temperatura máxima corresponden al mes de abril con 36 °C aproximadamente.

Los valores de humedad relativa fluctúan entre el 65 y el 75 por ciento.

Las horas de sol según los datos de la estación muestran valores entre las 6 y 8 horas al día.

La velocidad de los vientos en la zona oscila entre los 2 y 3 m/s, siendo un poco mayores a inicios del año.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS SUELOS

2.1.1. Textura

Se refiere a las proporciones porcentuales de las agrupaciones por tamaños de los granos individuales (arcilla, limo y arena) en una masa de suelo.

Esta característica física del suelo determina la forma y cantidad en que el agua aplicada con un riego es absorbida, infiltrada y redistribuida, es decir, indican la capacidad que tiene para almacenar el agua y cederla a las plantas.

2.1.2. Estructura

Es el grado, forma o modo en que las partículas integrantes de un suelo se asocian entre sí.

2.1.3. Porosidad

Se define como el porcentaje del volumen total de suelo que está ocupado por los poros.

2.1.4. Densidad aparente

Es la relación existente entre el peso de suelo seco y su volumen total, incluyendo los poros. Usualmente se expresa en gr/cm^3 .

Los valores de la densidad aparente varían en función de las propiedades de los suelos fundamentalmente con la textura y el contenido de materia orgánica.

La densidad aparente es útil para determinar la lámina de riego que se requiere para llevar un suelo a su capacidad de campo (C.C.) sin desperdiciar agua.

2.2. EL AGUA EN EL SUELO

2.2.1. Contenido de Humedad

2.2.1.1. Humedad gravimétrica

Porcentaje de peso de suelo ocupado por el agua.

2.2.1.2. Humedad volumétrica

Porcentaje de volumen de suelo ocupado por el agua.

2.2.2. Tipos de agua o niveles de humedad en el suelo

En general podemos resumir y englobar en términos de disponibilidad los tipos de agua presentes en el suelo en:

2.2.2.1 Capacidad de campo (C.C.) o Límite Superior

Después de una lluvia fuerte o un riego abundante, el suelo se satura, y al cabo de unos días después, ocurre el drenado del agua gravitacional, quedando así un contenido o porcentaje de humedad que es lo que se conoce como capacidad de campo. En resumen, este contenido de agua supone la mayor cantidad de agua que el suelo puede llegar a retener o almacenar sin drenar.

La capacidad de campo está íntimamente relacionada con características físicas del suelo como la textura, estructura, porosidad, contenido de materia orgánica y compactación. Por ejemplo un suelo arcilloso a capacidad de campo retiene más agua que uno arenoso, pues el primero la retiene a una tensión de $1/3$ de atmósfera y el segundo a $1/10$. Pero se sabe que el agua presente en los microporos del suelo es retenida a una tensión de $1/3$ de atm aproximadamente.

La determinación de la capacidad de campo en laboratorio, consiste en someter una muestra de suelo en una olla de presión a $1/3$ de atmósfera. Luego por el método gravimétrico (relaciones de pesos de suelo húmedo y seco después de desecamiento en horno) se determina la humedad del suelo cuyo valor representa la capacidad de campo.

2.2.2.2 Punto de marchitez permanente (P.M.P.) o Límite inferior

En términos de tipo de agua el P.M.P. representa al agua no disponible, es decir, agua que se encuentra fuertemente retenida por diferentes fuerzas y que a las plantas se les dificulta su aprovechamiento.

Es el porcentaje de humedad retenida por el suelo a una tensión aproximada de 15 atm en la cual las plantas no pueden reponer el agua suficiente para recobrar su turgencia y la planta se marchita permanentemente. El P.M.P. depende de la especie vegetal, de la cantidad de agua utilizada por los cultivos, profundidad de raíces, de la capacidad de retención del suelo, etc.

El método en laboratorio para la determinación de este parámetro básicamente es el mismo que el de la capacidad de campo, a excepción de que la muestra se somete a una tensión de 15 atmosferas. Otra manera de determinar el P.M.P. es mediante el uso de una fórmula empírica muy sencilla, la cual se deriva de conocer el valor de la capacidad de campo (C.C.): $P.M.P. = C.C. / 1.84$ o bien $P.M.P. = C.C. / 2.00$

2.2.2.3 Saturación

Cuando todos los poros del suelo están llenos de agua.

2.2.2.4 Agua disponible o Humedad Aprovechable (H.A.)

Es el agua que puede ser aprovechada por la planta y se define como la diferencia entre la humedad a capacidad de campo y el punto de marchitez permanente.

2.2.2.5 Límite productivo o nivel de agotamiento permisible

Es una fracción del intervalo de humedad disponible (diferencia entre C.C. y P.M.P.) y es la cantidad de agua que el suelo debería tener siempre, como mínimo, para que la producción fuera siempre la máxima posible. La cantidad de agua que va faltando con respecto al límite superior se denomina ***Déficit de Agua en el Suelo*** (DAS) y será mayor a medida que pasa el tiempo.

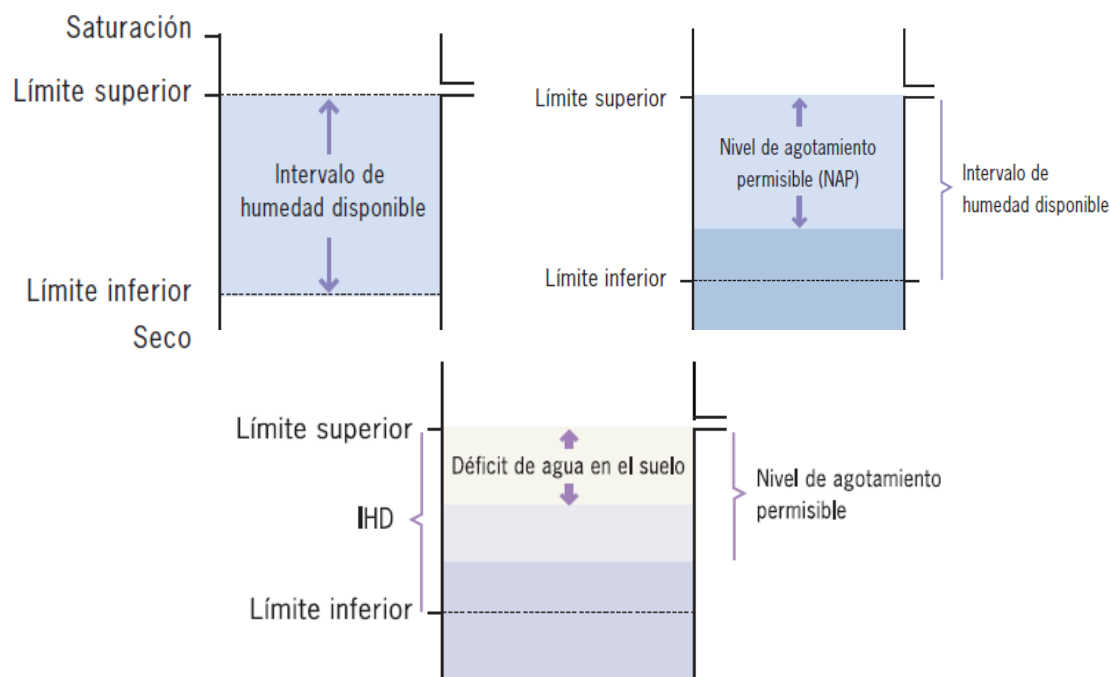


Figura 2: Representación esquemática de los límites o niveles de humedad del suelo. Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

2.2.2.6 Evaluación de las propiedades hidrofísicas del suelo

Tabla 1: Valores Normales de Capacidad de Campo y Coeficiente de Marchitez Permanente para Suelos de diferentes Texturas (% De Humedad).

Textura	Capacidad de Campo	Punto de Marchitez Permanente
Arenoso	5 – 15	3 – 8
Franco arenoso	10 – 20	6 -12
Franco	15 – 30	8 – 17
Franco arcilloso	25 – 35	13 – 20
Arcilloso	30 - 70	17 – 40

Fuente: Cátedra de Edafología www.exactas.unlpam.edu.ar/academica/catedras/.../A_G_UA04.htm

2.2.3. Infiltración

Se refiere a la velocidad de entrada del agua en el suelo. La velocidad de infiltración es la relación entre la lámina de agua que se infiltra y el tiempo que tarda en hacerlo, se expresa generalmente en cm/hr, cm/min o mm/hr.

La tasa de infiltración es una de las características del suelo más importantes para el diseño, operación y evaluación de sistemas de riego.

La tasa de infiltración depende básicamente de los siguientes factores:

El contenido en humedad del suelo: el agua se infiltra más rápido cuanto más seco está el suelo. Cuando se riega un suelo que esté seco, el agua al principio se infiltrará muy rápidamente, pero según se vaya humedeciendo el suelo, la tasa de infiltración disminuye.

Textura del suelo: los suelos de textura gruesa (arenosos) tienen también mayor tamaño de poros que los de textura fina (arcillosos) por lo que le será más fácil al agua moverse por ellos, y mayor será entonces la tasa de infiltración.

La estructura del suelo: en general, el agua se infiltra más rápidamente en suelos bien estructurados que en los compactos. Dado que la estructura del suelo está influenciada en gran medida por el laboreo, este será un factor fundamental para influir en la infiltración.

Aparte de la tasa de infiltración, es necesario conocer otros dos conceptos:

- ***Infiltración acumulada (Z):*** es la cantidad total de agua (medida en altura de lámina de agua) que se ha infiltrado en el suelo en un tiempo determinado.
- ***Infiltración básica (Ib):*** es el valor más o menos constante que adquiere la tasa de infiltración después de haber transcurrido ya algún tiempo de lluvia o riego (Cuando la velocidad de infiltración alcanza un valor constante o

cuando su disminución es del 10 % en una hora). Su valor determina el tiempo máximo de riego.

El conocimiento del valor de la velocidad de infiltración de agua en los suelos es fundamental para calcular tiempos de riego y caudales a manejar en las parcelas.

En riego localizado a presión, el valor de la velocidad de infiltración se utiliza para compararla con el grado de aplicación (Intensidad de Aplicación o precipitación horaria de los Microaspersores) el cual debe ser menor que la infiltración básica.

2.2.3.1 Evaluación de los valores de velocidad de infiltración

Tabla 2: Velocidad de Infiltración en suelos de diferentes texturas

Textura de Suelo	Velocidad de Infiltración (mm de altura de agua por hora)
Arenoso	Más de 30
Franco-arenoso	20-30
Franco	10-20
Franco-arcillo	5-10
Arcilloso	Menos de 5

Fuente: Curso de Riego para Regantes-José Luis Fuentes-Mundi-Prensa, España-2002.

2.2.4. Pérdidas de agua en el suelo

2.2.4.1 Escorrentía

Representa la cantidad de agua de lluvia o de riego que cae sobre la superficie del suelo pero que no se infiltra y se escurre sobre él, sin ser aprovechada por el cultivo. Por lo general, en riego localizado no se produce escorrentía.

2.2.4.2 Filtración profunda o percolación

Es el paso del agua hacia capas más profundas. Si la cantidad de agua aplicada es mayor que la capacidad de retención, el agua infiltrará hacia zonas en las que las raíces del cultivo no pueden acceder, siendo por lo tanto agua perdida.

2.2.4.3 Evaporación

Es el proceso por el cual el agua pasa de la superficie del suelo a la atmósfera en forma de vapor. La evaporación es mayor cuanto más seco sea el ambiente y mayor la temperatura del aire y cuanto más húmedo esté el suelo en superficie ya que el agua estará más disponible para ser evaporada y cuanto mayor sea el viento reinante en la zona.

2.3 CONCEPTOS BÁSICOS DEL RIEGO

2.3.1 El clima relacionado con el cultivo y el riego

Temperatura, Viento, Precipitación, Humedad Relativa, Insolación, Evaporación, etc., son factores del clima que influyen en el desarrollo de los cultivos, determinando un parámetro llamado evapotranspiración del cultivo que relaciona al suelo y a la planta, que se toma muy en cuenta para el diseño y programación de los riegos.

Las relaciones que existan entre el suelo, el agua, la planta y el clima son esenciales para manejar un determinado sistema de riego ya que de ellas depende el movimiento del agua en el suelo, en la planta y cómo de ésta pasa a la atmósfera.

Por lo tanto, para que un determinado cultivo evolucione de forma óptima y utilice a la vez el agua eficientemente, es necesario conocer de manera bastante precisa cuál es el consumo de agua en cada fase del desarrollo y así saber qué cantidad aplicar con un riego.

Las relaciones entre el clima, la planta, el suelo y el riego se pueden explicar de la siguiente manera:

Radiación. A mayor radiación o luminosidad mayor evaporación, por lo tanto los riegos deben ser más frecuentes.

Viento. A mayor velocidad del viento, el suelo se seca más rápido y las plantas transpiran más, requiriendo riegos más frecuentes.

Temperatura. En los días calurosos, las plantas transpiran más y los riegos deben ser más frecuentes.

Humedad del aire. Mientras más seco es el aire, las plantas pierden más agua y los riegos deben ser más frecuentes.

Precipitaciones. Influyen directamente en la cantidad de agua que necesitan las plantas. Para los efectos de riego, un criterio práctico menciona que son útiles sólo las lluvias sobre 15 mm. Es decir, si cae una lluvia de 20 mm, se considera como riego sólo 5 mm.

2.3.2 Necesidades hídricas de los Cultivos

2.3.2.1 Evapotranspiración

El proceso de evaporación directa del suelo en conjunto con la transpiración de las plantas se conoce como evapotranspiración y depende de las condiciones climáticas de la zona y del tipo de planta.

2.3.2.2 Evapotranspiración de Referencia

La tasa de evapotranspiración de una superficie de referencia, que ocurre sin restricciones de agua, se conoce como evapotranspiración del cultivo de referencia, y se denomina E_o . La superficie de referencia corresponde a un cultivo hipotético de pasto con características específicas. Como el cultivo es siempre el mismo, la E_o será mayor o menor según sean las condiciones del clima (radiación solar, temperatura, humedad, viento, etc.) y del entorno (según se mida en el exterior o dentro de invernadero).

2.3.2.3 Coeficiente de cultivo

El coeficiente de cultivo (K_c) describe las variaciones en la cantidad de agua que las plantas extraen del suelo a medida que se van desarrollando, desde la siembra hasta la recolección.

En los cultivos anuales normalmente se diferencian cuatro etapas o fases del cultivo:

1. Inicial: desde la siembra hasta un 10% de cobertura del suelo aproximadamente.
2. Desarrollo: desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.
3. Media: entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70–80% de cobertura máxima de cada cultivo.
4. Maduración: desde madurez hasta recolección

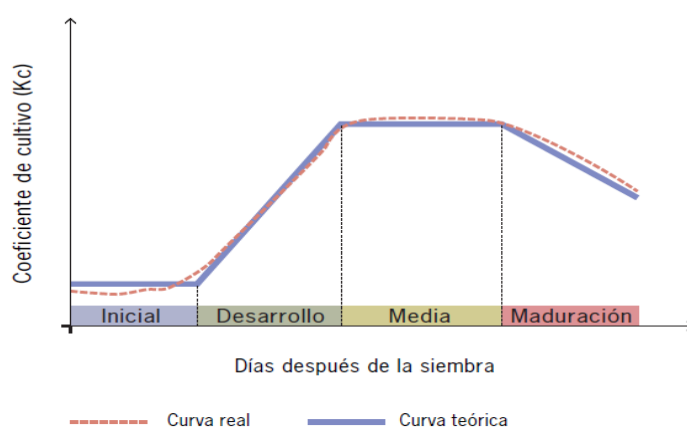


Figura 3: Representación gráfica del K_c en las diferentes etapas de crecimiento del cultivo.

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores- Consejería de Agricultura y Pesca - Sevilla - 2010.

Como se observa en la figura 3, el K_c comienza siendo pequeño y aumenta a medida que la planta cubre más el suelo. Los valores máximos de coeficiente de cultivo se alcanzan en la floración, se mantienen durante la fase media y finalmente decrecen durante la fase de maduración. Lo mejor es disponer de valores de K_c para cada cultivo obtenidos en la zona y para distintas fechas de siembra, pero en ausencia de esta información se pueden usar valores orientativos de coeficiente de cultivo para varios cultivos herbáceos y hortícolas

como los mostrados en tablas que presentan valores bastante próximos entre ellos (ver Anexo I – Tablas y Catalogos).

2.3.2.4 Evapotranspiración del Cultivo (Etc)

Para calcular las necesidades de riego de los cultivos, se calcula la evapotranspiración real o actual del cultivo $Etc = Eto * Kc$, y se relacionan éstos valores con la lluvia para obtener los requerimientos netos de riego del cultivo.

2.3.2.5 Balance de agua

Las entradas de agua pueden ser debidas a la lluvia (LL) o al riego (R). Por su parte, las salidas de agua se deberán a la evapotranspiración (ET), la escurrimiento (S) o la filtración profunda (Fp).

2.3.2.6 Precipitación efectiva

Es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas. Depende de múltiples factores como pueden ser la intensidad de la precipitación o la aridez del clima, y también de otros como la inclinación del terreno, contenido en humedad del suelo o velocidad de infiltración.

2.3.3 Calidad del Riego

2.3.3.1 Eficiencia de aplicación del riego (Ea)

La eficiencia de riego es la cantidad de agua útil para el cultivo que queda en el suelo después de un riego, en relación al total del agua que se aplicó. Generalmente se mide en porcentaje o litros de agua útil en el suelo por cada 100 litros aplicados, o bien en porcentaje de modo que, una eficiencia del 85% indica que del total del agua bombeada por un pozo sólo el 85% la tomarían las plantas y el 15% restante tendría destinos diferentes.

Tabla 3: Eficiencia da Aplicación (Ea) esperable con distintos métodos de riego

Método de Riego	Eficiencia de Aplicación (%)
Riego por Superficie	55 – 90 ¹
Riego por Aspersión	65 – 90
Riego Localizado	75 – 90 ²

(1) Los valores altos de Ea en riego por superficie se consiguen, como en el resto de los métodos, con un adecuado diseño y manejo del riego y en determinados sistemas como riego por surcos a nivel cerrados, tablares bien nivelados o surcos abiertos en los que se reutiliza el agua de escorrentía (aunque esta práctica es aún muy poco frecuente)

(2) Los valores más frecuentes se sitúan próximos al 90%.

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores- Consejería de Agricultura y Pesca - Sevilla - 2010.

2.3.3.2 Coeficiente de uniformidad (CU)

Indica cómo de uniforme se ha distribuido en el suelo el agua aplicada con el riego.

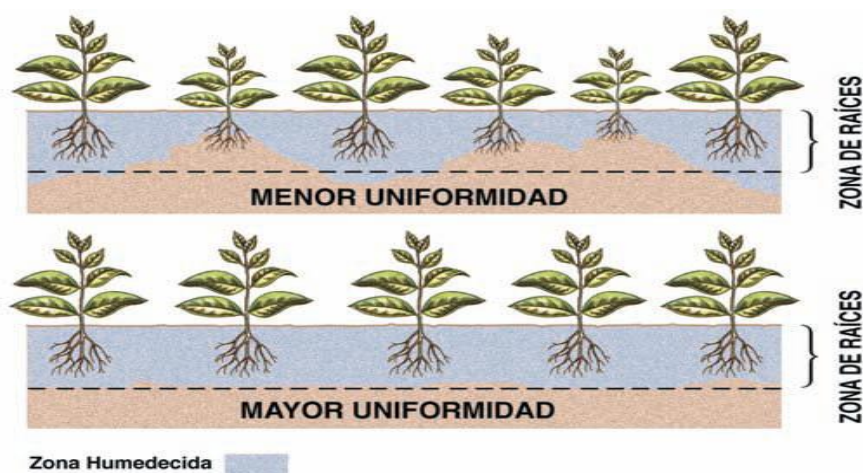


Figura 4: Coeficientes de Uniformidad

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

Tabla 4: Valores recomendados de Coeficiente de uniformidad (Cu)

Emisores	Pendiente (i)	CU	
		Clima árido	Clima húmedo
Emisores espaciados más de 4 m en cultivos permanentes	- Uniforme ($i < 2 \%$)	0.90 – 0.95	0.80 – 0.85
	- Uniforme ($i > 2 \%$) u ondulada	0.85 – 0.90	0.75 – 0.80
Emisores espaciados menos de 2.5 m en cultivos permanentes o semipermanentes.	- Uniforme ($i < 2 \%$)	0.85 – 0.90	0.85 – 0.80
	- Uniforme ($i > 2 \%$) u ondulada	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80
Mangueras o cintas d exudación en cultivos anuales	- Uniforme ($i < 2 \%$)	0.80 – 0.90	0.70 – 0.80
	- Uniforme ($i > 2 \%$) u ondulada	0.70 – 0.85	0.65 – 0.75

Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.

2.3.4 Necesidades de riego

2.3.4.1 Necesidades netas de riego

Cuando el agua se aplica en toda la superficie a regar, las necesidades netas vienen dadas por la ecuación: $N_n = E_{tc} - \text{Precipitación efectiva} - \text{Aporte capilar} - \text{Variación almacenamiento}$. A efectos de diseño, las aportaciones por precipitación efectiva no se consideran, ya que dada la gran frecuencia de riego (diaria, por lo general) resulta prácticamente imposible que llueva siempre entre dos intervalos de riego. Tampoco se consideran los aportes capilares, salvo casos especiales, ni las variaciones de almacenamiento. Por tanto: $N_n = E_{tc}$.

2.3.4.2 Necesidades brutas de riego

Conociendo la eficiencia de aplicación se pueden determinar las necesidades brutas de riego (N_b), o sea, la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego.

2.3.5 Relaciones Suelo-Agua

2.3.5.1 Profundidad Radicular Efectiva

Las raíces de las plantas pueden explorar cierta profundidad del suelo dependiendo de ciertas características físicas de éste y del tipo de cultivo que se establezca en él. La presencia de alguna capa o estrato de suelo de mayor dureza limita esta profundidad.

Cuando se trata de calcular el agua que es preciso aportar con el riego, se debe conocer la profundidad de la capa de suelo que es realmente ocupada por las raíces.

2.3.5.2 Lamina máxima que retiene el suelo

Es la cantidad de agua expresada en milímetros que se le va a aplicar al suelo para satisfacer, totalmente, su capacidad de almacenamiento hasta la profundidad de las raíces de un cultivo específico.

2.3.5.3 Lámina neta o dosis neta de riego

La aplicación de esta lámina de agua tiene por objeto satisfacer el déficit de humedad en el suelo, y para su cálculo se toma en cuenta el porcentaje de agotamiento de la humedad disponible o límite productivo, de modo que, la lámina neta será igual a la lámina máxima que retiene el suelo multiplicada por dicho porcentaje (como regla general se puede tomar un valor próximo al 60 %).

2.2.5.4 Lámina bruta o dosis bruta de riego

Es la cantidad de agua que realmente debe suministrarse con el riego para compensar las diversas pérdidas de agua en el suelo, de modo que la lámina

bruta será igual a la lámina neta dividida por la eficiencia de aplicación del sistema de riego.

2.3.6 Duración del Riego

Es el tiempo que ha de durar el riego para aportar o cubrir las necesidades brutas de riego. El tiempo de riego utilizado para el diseño será el necesario para el periodo en el que las necesidades de agua son máximas, por lo que habitualmente el tiempo real de riego será menor.

2.3.7 Frecuencia de Riego

Se refiere al intervalo de tiempo o de días que deben pasar entre riegos sucesivos. La condición ideal es que el riego se ejecute cuando el contenido de agua disponible en el suelo sea lo suficientemente alto, de manera que el suelo puede suministrarle agua con la rapidez necesaria para cumplir las exigencias de la planta sin que ésta sufra ningún trastorno que puede reducir el rendimiento o calidad del producto cosechado.

2.3.8 Estrategias de riego

Las estrategias de riego se pueden entender como criterios para decidir el momento de efectuar un riego y la cantidad de agua a aplicar.

1. Un criterio general es aplicar el riego cuando el **Déficit de Agua en el Suelo (DAS) sea igual al Nivel de Agotamiento Permisible (NAP)**, aplicando las necesidades brutas de riego (N_b). Teniendo en cuenta estrictamente el balance de agua del sistema suelo-planta, es la estrategia más recomendable, ya que permite que no haya problemas de extracción de agua y que la producción final no se vea afectada, aplicando el menor número posible de riegos.

2. Si el valor comercial del cultivo es muy alto, es conveniente asegurarse que las raíces de las plantas no tengan problema en extraer el agua en ningún momento,

aplicando las necesidades brutas de riego antes de que el DAS alcance el NAP. De esta manera se aumenta el número de riegos y, dependiendo del método de riego empleado, su costo.

3. Aplicar una cantidad de agua fija con los riegos, de manera que se aproveche al máximo el sistema de riego. El momento de realizar el riego es aquel en que el DAS iguale a las necesidades netas, pero teniendo en cuenta que se aplicaran las necesidades brutas.

4. Por turnos: En este caso puede ser que el DAS supere al NAP, lo que es indeseable. Lo más usual es que en estos casos el agricultor procure aplicar el agua correspondiente a las necesidades brutas, es decir cargar el suelo de agua en previsión de que el turno de riego se pueda retrasar.

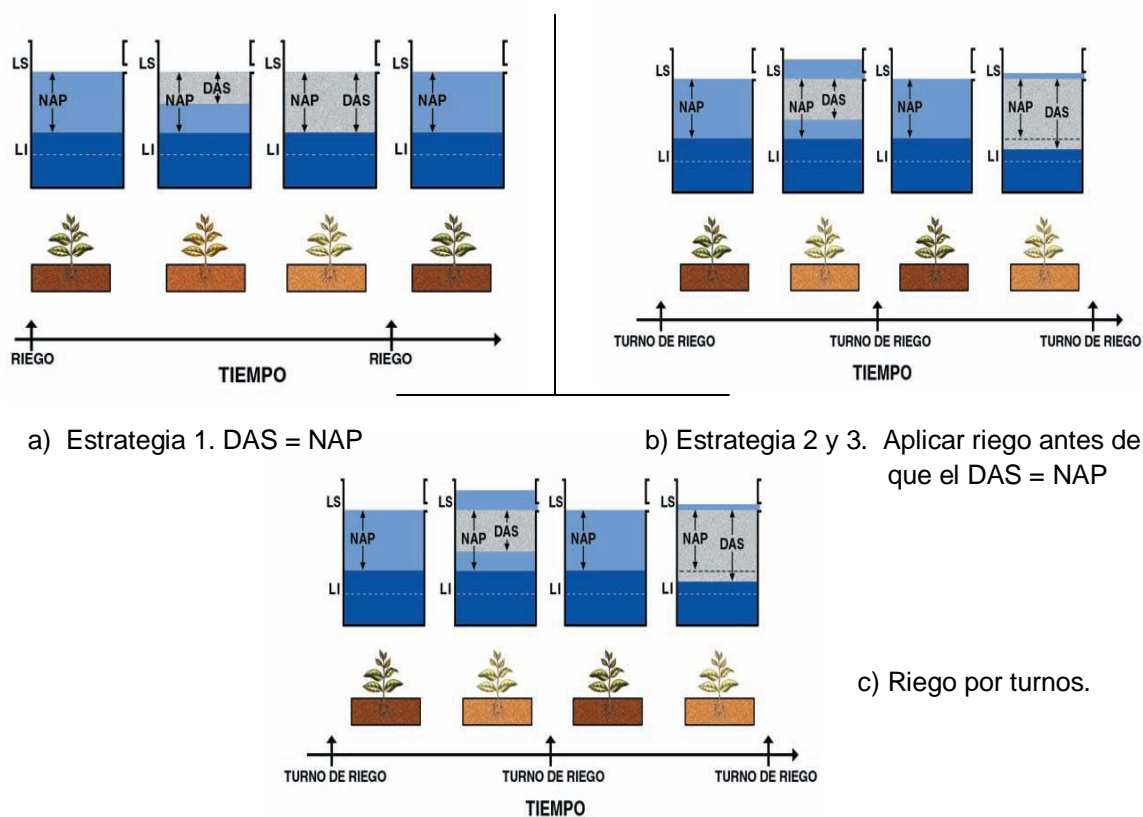


Figura 5: Estrategias de Riego.

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

2.3.9 Calidad del agua de Riego

2.3.9.1 Salinidad del agua

El agua de riego contiene cierta cantidad de determinadas sales que se añadirán a las que ya existen en el suelo. Este contenido de sales se expresa en miligramos por litro (mg/L). Sumando las cantidades obtenidas de todas las sales, se tiene el Contenido Total de Sales del agua de riego (CTS), que normalmente se expresa en gramos por litro (g/L).

La salinidad del agua de riego es un indicador muy valioso del riesgo de salinización del suelo, lo que es fundamental conocer antes de elegir el cultivo a implantar.

Los principales problemas relacionados con el uso de aguas salinas para riego son:

Salinización del suelo: las sales en el agua o en el suelo reducen la disponibilidad de agua para el cultivo, provocan un estado de marchitamiento, y afectan por tanto a los rendimientos.

Problemas de infiltración del agua en el suelo: un contenido relativamente alto de sodio o relativamente bajo de calcio en el agua, el suelo reduce la tasa a la cual el agua de riego se infiltra, hasta el extremo de no poder abastecer al cultivo de manera adecuada.

Toxicidad: algunas sales cuando se acumulan en cantidad suficiente resultan tóxicas para los cultivos, u ocasionan desequilibrios en la absorción de los nutrientes.

Otros problemas: particularmente obstrucciones en los emisores de riego y corrosión de las conducciones, también exceso de nutrientes que reducen el rendimiento o la calidad, y depósitos de sales en frutas u hojas que afectan al valor comercial.

Estos problemas de salinidad ocasionados al usar en el riego aguas salinas o en suelos con determinado grado de salinidad pueden controlarse aplicando más agua de la necesaria para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo (fracción de lavado).

En general se puede decir que pueden presentarse problemas por salinidad del agua de riego cuando la conductividad eléctrica es superior a 2 dS/m que corresponde a un contenido aproximado de sales de 1.3 g/l. Valores de conductividad eléctrica superiores a 3 dS/m (equivalente a unos 2 g/l) producen disminuciones importantes de producción en la mayoría de casos.

2.3.9.2 pH

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia, la calidad del agua de regadío puede ser determinada mediante análisis de laboratorio. El pH es un factor importante a tener en cuenta para determinar la validez del agua usada para los fines agrícolas específicos porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH.

2.3.9.3 Conductividad eléctrica

Es una medida de la capacidad de un material de dejar pasar la corriente eléctrica, su aptitud para dejar circular libremente las cargas eléctricas. La conductividad en medios líquidos (Disolución) está relacionada con la presencia de sales en solución, cuya disociación genera iones positivos y negativos capaces de transportar la energía eléctrica si se somete el líquido a un campo eléctrico. Estos conductores iónicos se denominan electrolitos o conductores electrolíticos. La conductividad eléctrica suele expresarse en deciSiemens por metro (dS/m) o en milimhos por centímetro (mmhos/cm) y a una temperatura determinada, siendo ambas unidades equivalentes (una muestra con una conductividad de 1.2 dS/m tendrá también 1.2 mmhos/cm).

2.3.9.4 Evaluación de la calidad del agua de riego

Existe una serie de criterios que establecen si el agua puede usarse para el riego según la cantidad de sales disueltas medidas en ella, criterios que deben usarse con precaución y ser aplicados con carácter general ya que cada caso particular puede tener soluciones adecuadas.

Las directrices que recomienda la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) para evaluar los problemas de salinidad son las siguientes:

Tabla 5: Restricciones de Uso del Agua de Riego para Problemas de Salinidad

Unidad	Ninguna	Ligera a Moderada	Severa
dS/m	Menor de 0.7	0.7-3	Mayor de 3
mg/litro	Menor de 450	450-2,000	Mayor de 2,000

Fuente: Curso de Riego para Regantes-José Luis Fuentes-Mundi-Prensa, España-2002.

No presentan problemas las aguas correspondientes a valores sin ninguna restricción. En el caso de restricción ligera a moderada se requiere un cuidado progresivamente mayor con respecto al manejo del agua y de los cultivos, con el fin de que no disminuya el rendimiento de éstos. En el caso de restricción severa según se observa, la conductividad es mayor de 3 dS/m o el CTS mayor de 2 g/L, y los problemas de salinidad pueden ser muy graves a menos que se establezcan una serie de tratamientos como lavado de sales frecuente o cambio de cultivo por otro u otros que resistan mejor las condiciones de salinidad.

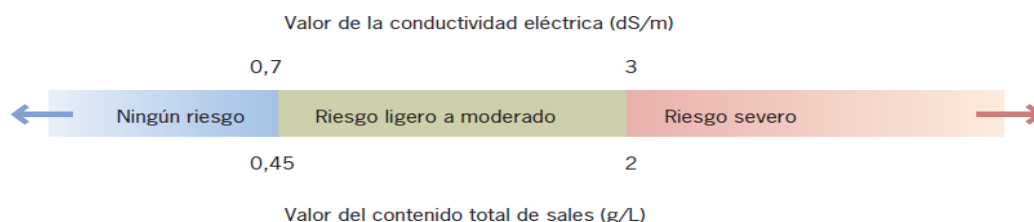


Figura 6: Riesgo de salinización del suelo según la conductividad eléctrica o el contenido total de sales del agua de riego

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

2.4 DISEÑO DE SISTEMA DE RIEGO

La clave para un buen diseño está en fijar previamente las prestaciones que se le van a exigir a la instalación como caudal, presión, uniformidad esperada, etc. y seguidamente conocer las limitaciones a las que se debe someter al proyecto, tal como tipo de suelo, tipo y necesidades de agua del cultivo o cantidad y calidad del agua a aportar.

Una vez que se ha determinado este tipo de información se proyecta todo el sistema de riego. A este proceso se le denomina diseño de la instalación y está destinado al proyectista.

2.4.1 Diseño Agronómico

Consiste en la determinación de las necesidades hídricas de la planta en períodos de máxima demanda en dependencia de los factores edafoclimáticos y propios del cultivo; con la finalidad de realizar el cálculo de la capacidad total del sistema de riego (Gasto Total), la elección del emisor según sus características técnicas, la localización y características de los mismos dentro de la parcela, su gasto y tiempo de aplicación.

2.4.2 Diseño Hidráulico

Consiste en el dimensionamiento de los componentes del sistema y en la determinación de las variables hidráulicas (presión, pérdidas de carga, caudal, etc.) de la red de distribución; disminuyendo las pérdidas de agua y maximizando las eficiencias de conducción, distribución y aplicación en todo el sistema de riego, en función de las necesidades hídricas máximas del cultivo y de los demás parámetros del diseño agronómico.

2.5 RIEGO POR MICROASPERSIÓN

Con este sistema de riego localizado, el agua se aplica en forma de lluvia muy fina, mojando mayormente las zonas del suelo en las que se encuentra la mayor parte de las raíces de las plantas, permitiendo un mayor control, ahorro y eficiencia de aplicación de este recurso. Están indicados tanto para cultivos leñosos como para cultivos herbáceos de distinto marco de plantación.

2.5.1 Componentes de la instalación de Sistema de Riego por Microaspersión

2.5.1.1 Sistema de bombeo

La bomba se encarga de succionar agua desde cierto punto (embalse, río, pozo, etc.) para luego dotarla de presión e impulsarla para que llegue hasta el punto más lejano de la red, garantizando la presión de trabajo del emisor y su respectivo caudal.

2.5.1.2 Cabezal de Riego

Conjunto de elementos destinados a filtrar, tratar, medir y suministrar el agua a la red de distribución.

2.5.1.3 Sistema de Filtrado

Es el componente principal del cabezal de riego cuya función es eliminar las partículas en suspensión en el flujo de agua que pueden causar obturaciones en las partes del sistema, principalmente en los emisores.

2.5.1.4 El sistema de fertirriego

El cabezal suele contar también con un equipo de fertirriego para añadir el fertilizante al agua o bien, algún elemento fitosanitario, herbicida, plaguicida, etc.

2.5.1.5 La red de distribución

Formada por la unión de diferentes tuberías de PVC y PE con piezas especiales (accesorios) para adaptarlas a la configuración del terreno o parcela según diseño previo a su instalación.

- **Tubería Principal:** tubería que parte del cabezal de riego y encargada de suministrar agua a las tuberías secundarias.
- **Unidad de Riego:** Cada una de las divisiones del área a regar según determinados criterios, superficie, cultivo, suelo, etc.
- **Tubería Secundaria:** La tubería que abastece cada unidad de riego.
- **Tuberías Terciaria:** La tubería que abastece a las tuberías laterales en las que se encuentran colocados los emisores de riego localizado.
- **Subunidad de riego:** Es la superficie regada por cada terciaria.

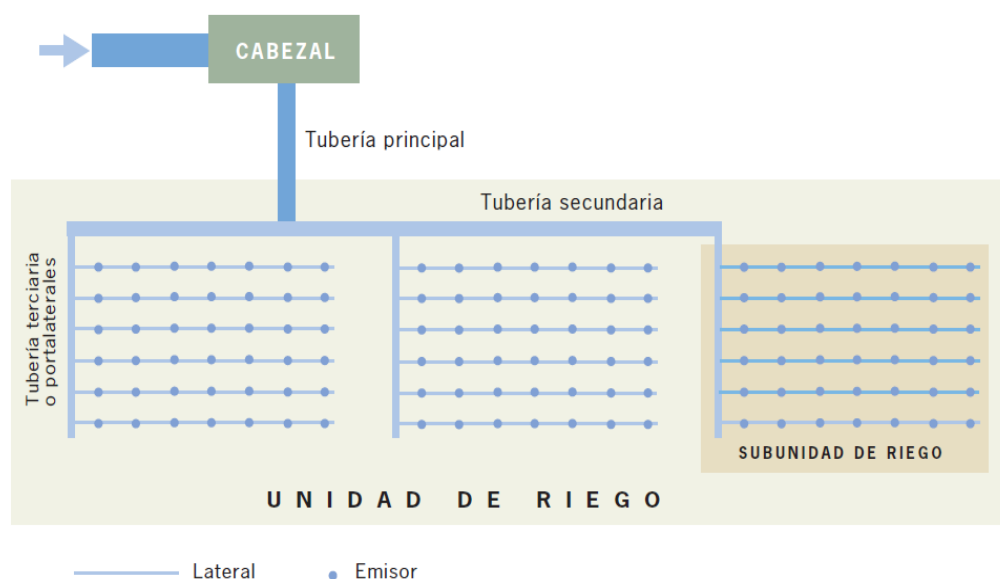


Figura 7: Componentes de las instalaciones de riego localizado.

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

2.5.1.6 Emisores

Dispositivos encargados de controlar la salida del agua de las tuberías. La presión de trabajo de los emisores influye en el caudal que estos pueden erogar y en el área de mojado que dejan en el suelo, formando bulbos o franjas húmedas, según el arreglo o separación entre ellos.

- ***Microaspersores***

Son emisores que distribuyen el agua al suelo en lluvia fina sin llegar a humedecer toda la superficie del cultivo. Poseen un elemento giratorio que hace que el agua se distribuya de forma circular con radios de alcance entre 3 y 4 m, y con caudales inferiores a los 200 l/h, y suelen trabajar a presiones comprendidas entre 10 y 20 m.c.a (entorno a los 2 kg/cm²).

Los Microaspersores más difundidos son los de bailarina, que permiten intercambiar las piezas móviles para adaptarlas a las condiciones requeridas por el cultivo en cuestión. Se pinchan directamente a la tubería o bien se conectan mediante un microtubo. Para obtener mayores alcances del chorro de agua, suelen colocarse en estacas de sujeción a varios centímetros sobre el suelo.



Figura 8: Microaspersor

Fuente: Catalogo Micro Quick Sprays-Rain Bird

2.5.2 Ventajas y Limitaciones

2.5.2.1 Ventajas

- Permite un ahorro importante de agua con respecto a otros métodos (aspersión y superficie).
- Posibilita la siembra oportuna de los cultivos y se adapta a todas las etapas de desarrollo de los frutales.
- Reduce la cantidad de mano de obra y el costo de movimiento de tierras.
- Permite obtener mayores productividades y más ingresos económicos.
- Disminuye el proceso erosivo del suelo mediante la buena selección del Microaspersor.
- Se adecua para utilizar fertirrigación.
- Necesita menor filtrado que el goteo.
- Aplicación de agua con alta eficiencia, alrededor del 90 %.
- Comparado con el riego por aspersión se utilizan presiones de trabajo bajas, entre 1,5 a 2 atmósferas.
- Permite el cultivo en terrenos arenosos y con gran capacidad de filtración.

2.5.2.2 Limitaciones

- Necesita que el emisor se encuentre siempre en posición vertical para funcionar eficientemente.
- Es afectado por pisoteo del personal en épocas de cosecha.
- Mayor costo de instalación.
- El viento puede influir en la uniformidad de riego.

2.6 GENERALIDADES DEL CULTIVO DEL PLÁTANO

El plátano es un cultivo del trópico, que puede producirse durante todo el año y obtener cosechas continuas, es de alta rentabilidad y una alternativa de exportación. También existe una demanda nacional estable, con precios atractivos que lo ubican como un cultivo de alta estabilidad mercantil.

2.6.1 Importancia del cultivo de plátano

El plátano tiene una importancia significativa en la economía Nicaragüense, tanto por la dieta alimenticia como por la generación de empleos y de divisas en las principales zonas de producción.

2.6.2 Variedad cuerno enano

La planta tiene una altura promedio de 2.50 – 3.00 m, que la hace más resistente al acame, causado por el viento. Posee un pseudo tallo grueso, con un diámetro mayor de 0.25 m con abundantes hojas anchas. Racimos cortos, con un promedio de 40-42 frutos y un peso promedio de 13.0 kg; los frutos tienen una longitud promedio de 24.6 cm y un diámetro de 5.7 cm, poseen muy buen sabor y son de excelente calidad. El período de floración a cosecha es de 80 - 85 días. La cosecha se inicia entre 10-11 meses después de la siembra.



Figura 9: Racimo de Plátano Cuerno Enano en punto de cosecha y listo para comercializar

Fuente: Ricardo Lardizábal - Manual de Producción de Plátano de Alta Densidad - Honduras - 2007

2.6.3 Taxonomía

- **Familia:** Musáceas
- **Nombre Científico:** *Musa Paradisiaca*

Los plátanos comestibles pertenecen al grupo de las monocotiledóneas, familia Musáceas, género *Musa* y serie *Eumusa*. Aquellos que poseen genoma exclusivamente de *M. acuminata*, se refieren a los bananos y que anteriormente estaban clasificados como *Musa sapientum* (Linn). Los cruces interespecíficos entre *M. acuminata* y *M. balbisiana* se refieren a los plátanos de cocina denominados como *Musa paradisiaca*, identificándose con letras A y/o B según sea el genoma correspondiente.

- **Tipo de Planta:** Planta herbácea que consta de un tallo subterráneo (Cormo o Rizoma) del cual brota un pseudotallo aéreo; el cormo emite raíces y yemas laterales que formarán los hijos o retoños.

2.6.4 Fenología

Morfológicamente, el desarrollo de una planta de plátano comprende tres fases: vegetativa, floral y de fructificación.

2.6.4.1 Vegetativa

Comprende desde la emisión de raíces del cormo o rizoma, hasta aproximadamente seis meses posteriores. En este período ocurre la formación de raíces principales y secundarias. La mayor parte de raíces salen de la parte superior del cormo, inmediatamente debajo de la inserción de las hojas, y su número disminuye hacia la parte inferior.

2.6.4.2 Floración

Dura aproximadamente tres meses. El tallo floral se eleva del cormo a través del pseudo tallo y es visible hasta el momento de la aparición de la inflorescencia.

Fisiológicamente, esta fase se produce cuando ya la planta ha emitido un número grande de hojas verdaderas, pero que todavía le quedan de 10-12 por desarrollar. El eje de la inflorescencia es la continuación del tallo floral. En éste, las hojas están reemplazadas por brácteas que recubren las flores (dedos); una vez que aparece la inflorescencia, las brácteas comienzan a abrirse, exponiendo los dedos, que inicialmente apuntan hacia abajo y posteriormente toman una posición inversa hacia arriba.

2.6.4.3 Fructificación

Tiene una duración aproximada de tres meses. En esta fase se diferencian las flores masculinas (pichota) y se disminuye gradualmente la formación de hojas. Durante esta fase, los factores adversos únicamente pueden influir sobre el tamaño de los frutos (dedos), ya que el número de los mismos fue determinado en las dos fases anteriores.

2.6.5 Morfología

2.6.5.1 Raíces

Son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. La emisión de raíces se suspende después de haberse iniciado la diferenciación floral, 6 a 7 meses después de la siembra. El diámetro es variable de 5 ó más mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1.5 m de profundidad.

2.6.5.2 Tallo

El verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado. A medida que cada chupón del rizoma alcanza la madurez, su yema terminal se convierte en una inflorescencia al ser empujada hacia arriba desde el

interior del suelo por el alargamiento del tallo, hasta que emerge arriba del pseudotallo.

2.6.5.3 Hojas

Se forman en el interior del pseudotallo y emerge enrollada en forma de cigarro. Son hojas grandes, verdes y dispuestas en forma de espiral, de 2-4 m de largo y hasta 1,5 m de ancho, con un peciolo de 1 m o más de longitud y un limbo elíptico alargado, ligeramente decurrente hacia el peciolo, un poco ondulado y liso.

2.6.5.4 Flores

Amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero, el conjunto de la inflorescencia constituye el régimen de la platanera; cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada mano, que contiene de 3 a 20 frutos.

2.6.5.5 Fruto

Presenta forma de baya oblonga. Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso, amarillo, amarillo-rojizo o rojo.

2.6.6 Plagas del cultivo de plátano

Tabla 6: Plagas del cultivo de plátano

Nombre	Daños causados	Control
Picudo Negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>)	Destruye el tejido de los cormos, la larva hace galerías reduciendo el vigor de la planta, las hojas no despliegan y están amarillas y marchitas. La planta produce racimos pequeños con frutos deformes, detiene el crecimiento e interrumpe la conexión entre tallo y raíces, la hoja bandera no se abre y la planta puede morir.	Limpiar el corno de las plantas, fertilizar adecuadamente, controlar malezas, deshojar eficiente, sembrar material libre de plaga, destruir residuos vegetativos, asegurar crecimiento óptimo, picar el pseudotallo y después de la cosecha, usar coberturas muertas (cáscara seca o pergamino de café). • Uso de trampas para capturar los adultos.
Nematodos (<i>Radophulus similis</i>)	Atacan y destruyen el sistema radical de las plantas, lo cual se refleja en un raquitismo general y menor peso de los racimos. Propician la pudrición del corno y el volcamiento de las plantas con racimo en desarrollo. Las infestaciones crónicas disminuyen gradualmente el rendimiento y acortan la vida productiva de una plantación.	• Evitar establecer una plantación en lugares infestados. • Tratamientos químicos del rizoma antes de la siembra. • Realizar drenajes adecuados en el área de siembra. Si estas medidas no son suficientes se debe realizar un adecuado control con nematicidas.

Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) – Guía Técnica Cultivo de Plátano – El Salvador - 2002. & GUSTAVO A. VAZQUEZ & CARLOS SALAZAR - Paquete Tecnológico para el cultivo del Plátano- Gobierno del Estado de Colima-México.

2.6.7 Enfermedades del cultivo de plátano

Tabla 7: Enfermedades del cultivo de plátano

Nombre	Daños causados	Control
Sigatoka amarilla (<i>Mycosphaerella musicola</i>)	Esta enfermedad es un serio defoliador. El efecto se presenta en las hojas como puntos amarillos pequeños.	Medidas que vayan encaminadas a reducir los excesos de humedad son de importancia para disminuir la severidad de esta enfermedad, entre estas prácticas se incluyen: drenaje, deshoje y densidades adecuadas de siembras.
Raya negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i>)	Es un patógeno más virulento que el causante de la Sigatoka amarilla. Sus síntomas o lesiones en las hojas de la planta no se pueden diferenciar de los de Sigatoka negra, estableciéndose la diferencia únicamente a nivel de microscopio.	Evitar el encharcamiento en las plantaciones mediante el establecimiento de drenajes adecuados.
Sigatoka negra (<i>Mycosphaerella fijiensis</i> , <i>Morelet</i>)	Es la enfermedad foliar más destructiva que ataca el género <i>Musa</i> . Afecta solo las hojas del plátano y es causada por el hongo <i>Mycosphaerella fijiensis</i> . Los efectos sobre la planta son: pérdida parcial o total del follaje, reducción del vigor, pérdida de peso de los racimos y maduración precoz de los mismos.	Un eficiente control de malezas. Aplicación de fungicidas. Prácticas oportunas de deshoje y desbajados.
Bacteriosis	Se le conoce también como pudrición acuosa. Es causada por la bacteria <i>Erwinia chrysanthemipvr. Paradisiaca</i> , que ocasiona pudrición del pseudotallo y posterior doblamiento del mismo. Se observan lesiones acuosas.	Utilizar semilla proveniente de plantaciones sanas, balancear especialmente los niveles de potasio y boro, hacer desinfección de herramientas cuando se realicen labores como deshoje, deshoje y destronque.
“Moko” o Marchitez Bacterial (Pseudomonas nassolanacearum)	Se inicia con amarillamiento en las hojas bandera (hoja nueva), luego la hoja se marchita. Se propaga por medio de la semilla y produce en las plantas afectadas pérdida total de la producción. Cuando se presenta en el racimo este se madura prematuramente presentando una pudrición parda y seca.	Utilizar semilla proveniente de plantaciones sanas, hacer desinfección de herramientas cuando se realicen labores como deshoje, deshoje y destronque.
Mal de Panamá (Fusarium oxysporum f. Cubense)	El síntoma más sobresaliente es la marchitez completa de la planta. Aparición de clorosis en los bordes de las hojas inferiores, que progresa hacia la nervadura principal, presentando gran contraste con el verde normal de la hoja sana. Luego, la hoja se marchita completamente, se torna de color café oscuro y se quiebra en el punto de unión del limbo con el pecíolo.	Empleo de semilla sana, erradicación y medidas cuarentenarias. La erradicación consiste en eliminar las plantas enfermas y su destrucción por medio del fuego, fuera de la plantación. Como medida preventiva es mantener el suelo en condiciones ideales en lo referente al drenaje, aireación y fertilidad.

Fuente: <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/Cultivodelplano.pdf> & Palencia-Gómez & Martín- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) – Manejo Sostenible del Cultivo del Plátano -Colombia-2006.

2.6.8 Labores culturales

2.6.8.1 Preparación del terreno

Después de escoger el terreno, una buena preparación para la siembra es determinante para obtener altos niveles de productividad, durante largos períodos y a bajos costos. Debe de iniciar paralelamente a la siembra del semillero, entre 30 y 45 días antes de la fecha prevista para el trasplante. Deberá tomarse muy en cuenta la nivelación del suelo y el drenaje del terreno. La profundidad efectiva del suelo mullido deberá tener entre 15 y 20 cm, con cierto grado de humedad, sin que esté anegado (encharcado). La aradura (a una profundidad de 25 a 40 cm) debe hacerse siguiendo el sentido en que se construirán los surcos de riego para evitar formación de depresiones o bordes transversales de los mismos y de ocho a diez días antes del trasplante deberá realizarse el último paso de rastra y simultáneamente la nivelación de suelo para formar las camas de siembra; la altura de la cama debe ser entre 20 y 30 cm. prefiriendo los camellones altos en la época lluviosa. Se recomienda también el previo control de malezas (manual, mecánico o químico).

2.6.8.2 Trazado y marcado (Estaquillado)

Se hace cuando se tiene definido el sistema de siembra a utilizar. Se procede a marcar el terreno, haciendo uso de cordeles y estacas que señalan el lugar específico donde se colocarán los rizomas. Las distancias de siembra cortas, exigen más labores culturales, pero al efectuarlas adecuadamente se obtienen mejores rendimientos.

2.6.8.3 Ahoyado

Las dimensiones del hoyo de siembra, en suelos francos, pueden ser de 0.40 x 0.40 x 0.40 m, y en suelos más arcillosos de 0.60 x 0.60 x 0.60 m.

2.6.8.4 Selección de semilla

La semilla de plátano (cormo o rizoma), debe de estar libre de plagas y enfermedades, reunir ciertas características en cuanto a tamaño y calidad.

2.6.8.5 Preparación y tratamiento de semilla

La semilla (rizoma) que ha sido arrancada y cortada del pseudo tallo a 0.10 m del suelo, se conoce como semilla de cabeza. Debe limpiarse, eliminando la tierra adherida, raíces y todo tejido dañado por picudo, procurando no dañar las yemas o sitios donde van a surgir los nuevos brotes. Una vez limpia, debe ser desinfectada para que quede libre de patógenos.

2.6.8.6 Siembra

Se realiza cuando ya se ha seleccionado la semilla del clon que se desea sembrar, relacionándola con la existencia de semilla, mercado y condiciones ecológicas de la zona. Los rizomas o cepas se distribuyen por tamaños (grandes, medianos, pequeños) procurando que el área tenga un tamaño de semilla uniforme. Si se aplica fertilizante a la siembra, éste debe ser colocado en el fondo del hoyo de siembra y cubierto con una capa de tierra no menor de 0.02 – 0.05 m de espesor. El rizoma debe ser cubierto por una capa de 0.05 – 0.10 m de suelo y apisonado a ambos lados, formando un montículo.

a) Época de siembra: Puede ser sembrado en cualquier época del año, siempre y cuando haya suficiente humedad, ya sea por precipitación pluvial o riego. No es recomendable sembrar cuando hay exceso de lluvia, pues favorece la pudrición de la semilla. Se debe planificar una siembra escalonada para que se mantenga una adecuada producción durante todo el año.

b) Densidad de siembra: La densidad de siembra, el arreglo espacial y el mantenimiento, inciden directamente en los rendimientos. Existen varios factores que ayudan a determinar cuál es la mejor densidad de siembra para una situación

específica, ya que varía dependiendo de las características climáticas y edáficas del área. Existen diferentes configuraciones o arreglos espaciales para la siembra:

b.1) Siembra en cuadro: Es el sistema de siembra tradicional usado por la mayoría de los productores. El distanciamiento generalmente empleado es de 2.5 x 2.5 m ó de 3.0 x 3.0 m, para alcanzar una población inicial de 1,100 y 770 plantas por manzana, respectivamente.

b.2) Siembra hexagonal ó triángulo equilátero: Este sistema permite más unidades por área. Con distanciamiento de 2.6 m. entre plantas, se tiene una población de 1,720 plantas por hectárea.

b.3) Siembra en doble surco: se siembran dos hileras bastante cerca una de otra y dejando un espacio bastante amplio entre doble hilera. Distanciamientos de 1.5 x 1.5 x 3 m., o de 1.10 x 1.10 x 3 m., dan una población inicial de 2,333 y 3,030 plantas por manzana (Fig. 10).



Figura 10: Siembra de plátano en doble surco.

Fuente: Fuente: Ricardo Lardizábal - Manual de Producción de Plátano de Alta Densidad - Honduras - 2007

Tabla 8: Densidades, sistemas de siembra y ciclo de cultivo de la variedad cuerno enano.

Variedad y rango de densidad (plantas/ha)	Alternativas de siembra (plantas/ha)	Sistema de siembra	Distribución espacial (m)			Ciclos de cultivo (cosechas)
			Callejón	Entre hilera	Entre planta	
Cuerno Enano 2,222 – 3,332 plantas	2,222	Doble hilera en surco	3.50	1.00	2.00	2 – 3
	2,500	Doble hilera en surco	3.00	1.00	2.00	2 – 3
	3,332	Cuadrado (dos plantas por sitio de siembra)	---	3.00	2.00	1

Fuente: <http://bdigital.binal.ac.pa/bdp/idiap/cultivoplatano1.pdf>

2.6.8.7 Fertilización

Para realizar una adecuada fertilización, es importante conocer los requisitos específicos de nutrientes que la planta de plátano necesita, éste puede ser a través de análisis de suelos, tejido vegetal y observaciones del cultivo.

2.6.8.8 Riego (por Microaspersión)

Recomendado para suelos con velocidades de infiltración mayores de 0.5 cm/h. La pendiente máxima recomendada para su uso es del 20%.

2.6.8.9 Poda o deshije

Es la técnica para seleccionar en cada mata, el hijo más vigoroso y eliminando todos los hijos indeseables. Con el objeto de mantener una plantación en condiciones apropiadas y obtener un máximo rendimiento. Existen básicamente tres tipos de hijos o retoños, que son diferenciados fácilmente.

a. Hijos de espada: Son aquéllos que se identifican por su vigor y desarrollo, tienen la forma de cono invertido, o sea, su base es mucho más ancha que la parte superior, sus hojas son lanceoladas.

b. Hijos de agua: Se caracterizan por ser un hijo débil, nutricionalmente eficiente, de hojas anchas y el pseudotallo de diámetro angosto y uniforme. No es recomendable el uso de este tipo de hijo como semilla.

c. Hijos de retoño: Son aquellos hijos que rebrotan después del deshije, crecen rápido y se confunde con los hijos de agua; no se recomienda para siembra.

2.6.8.10 Control de malezas

Existen tres alternativas en el control adecuado de malezas: aplicación de químico, establecimiento de cultivos de cobertura a base de leguminosas y el mecánico o manual. Limpieza constante de matas, mantenimiento de la densidad de población apropiada, realizar raleos o deshijos para tener la población adecuada.

2.6.8.11 Labores pre cosecha

El objetivo de esta práctica es proteger a la planta y al racimo, reduciendo al mínimo las pérdidas y daños de la fruta. Se trata de evitar que la planta se doble o se acame por efecto del viento y / o peso del racimo y además, obtener fruta de excelente calidad. Entre las técnicas de pre cosecha tenemos:

a. Deshoje: Se eliminan las hojas secas o amarillas, hojas dobladas, hojas enfermas, hojas manchadas y hojas que estorban al racimo. En hojas afectadas menos del 50% se puede hacer una defoliación parcial, eliminando únicamente la parte enferma.

b. Desmane: Consiste en eliminar las manos sobrantes para que los frutos sean de buena calidad comercial. Debe hacerse cuando en el racimo hayan salido dos manos de flores masculinas o bien, cuando el raquis del racimo tiene una longitud de 15 a 20 centímetros después de la “mano falsa”. Se elimina la mano falsa y la ultima mano, dejando en ésta un fruto, para evitar alguna pudrición en la última mano útil

c. Desbellote o Desperillado: Consiste en eliminar la inflorescencias masculinas (Bellota o Perilla) que son el conjunto de flores masculinas improductivas, esto se hace al momento de que aparecen dos manos masculinas en el racimo y durante el embolse

d. Apuntalamiento: Esta es una práctica que tiene como objetivo evitar las pérdidas de las unidades productivas por volcamiento.

2.6.8.12 Cosecha

Es la labor de corte del racimo, que consiste en la separación de las plantas de todos los racimos que hayan alcanzado el índice de madurez comercial. Generalmente la cosecha se inicia a los 10-11 meses después de la siembra. Los parámetros indicativos que se toman en cuenta para realizar esta labor son:

- a. Los frutos deben presentar el tamaño normal de la variedad o híbrido.
- b. La superficie de los frutos debe estar casi o completamente redondeada, sin aristas; el color verde intenso de la cáscara se hace más claro, con ligeros tintes amarillentos. En explotaciones comerciales los racimos se identifican semanalmente con cintas de diferentes colores según aparezca la inflorescencia, para diferenciar el tiempo de desarrollo y programar su cosecha en 10- 11 semanas.

2.6.9 Requerimientos Agroclimáticos

2.6.9.1 Altitud

Variaciones de altitud también modifican los hábitos de crecimiento, entre mayor altitud, el ciclo biológico se prolonga. La altitud apta para su siembra es de 0 a 400 msnm, moderado de los 400 a 800 msnm y no apto mayor a los 800 msnm.

2.6.9.2 Temperatura

La temperatura tiene un efecto preponderante en el desarrollo y crecimiento del fruto. El plátano requiere temperaturas relativamente altas, entre 21 y 29°C, con una media de 27°C. La actividad vegetativa de la planta se reduce fuertemente cuando la temperatura baja a 16°C. Así mismo, temperaturas por encima de los 40°C detienen el desarrollo vegetativo y productivo, debido a un desbalance hídrico en la planta.

2.6.9.3 Precipitación

Debido a la naturaleza herbácea de la planta, su amplia superficie foliar y su rápido crecimiento, requiere de grandes cantidades de agua para su adecuado desarrollo. Se recomienda sembrar el plátano en aquellas zonas cuya precipitación oscila entre 1800 y 3600 mm de promedio anual, la moderada oscila entre 1200 a 1800 y 3600 a 4600 mm y la precipitación no apta es menor a 1200 mm y mayor a 4600 mm anuales.

2.6.9.4 Demanda hídrica

Una planta adulta de plátano requiere en su máxima demanda, en días cálidos y soleados, hasta 50 l/día de agua ya que ésta tiene una evapotranspiración de unos 6-7 mm/día. Para tener un cultivo aceptable se necesita un mínimo de 180 mm/mes de agua, que equivale a unos 2000 mm por año repartidos uniformemente.

2.6.9.5 Vientos

No se recomienda establecer plantaciones en aquellas áreas que estén expuestas a velocidades de viento mayores a 20 km/hora, dado que se dan problemas con acame de plantas, daños en el área foliar y pérdidas en la producción; la velocidad apta para el cultivo es inferior a 15 Km/hr y el moderado oscila entre 15 - 30 Km /hr.

2.6.9.6 Brillo solar

La planta necesita de 4 a 6 horas de brillo solar promedio diario; si no se logra cumplir con esta condición se afecta el crecimiento de la planta. Cuando la radiación es mayor (época seca) hay una influencia directa en el desarrollo y crecimiento de la planta, las pariciones son más tempranas y el grado de corta es mejor (diámetros de los dedos), así mismo la incidencia y severidad de la Sigatoka Negra es menor. El rango moderado es de 3 a 4 horas y no apto inferior a 3 horas de brillo solar diario.

2.6.9.7 Humedad relativa

La humedad relativa apta para el desarrollo del cultivo es de 70 a 80%, el moderado es de 80 a 90% y no apto mayor al 90%.

2.6.9.8 Exigencias de suelos

Es recomendable establecer las plantaciones en suelos de topografía plana con pendientes de 0 a 3%, con una profundidad efectiva mayor a 90 cm, de preferencia suelos francos con buen contenido de materia orgánica y de estructura de granular a bloques y con buena retención de humedad (porosidad y capilaridad óptima), buen drenaje, que no presenten pedregosidad (menor a 5%) y pH óptimo de 5.5 – 7.5.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 METODOLOGÍA UTILIZADA

La metodología empleada en este estudio consistió en la investigación documental en conjunto con el trabajo en campo (investigación de las condiciones físicas del área destinada al riego), procesamiento de datos obtenidos y de la revisión y análisis de los resultados.

3.1.1 Levantamiento Topográfico del Área de Riego

Situados en la finca se definió el área en la cual se proyectó el sistema de riego; haciendo uso de un GPS se registraron los puntos que definen dicha área (puntos limitantes y puntos dentro de la parcela) obteniendo así información de altiplanimetría. Luego se descargaron o transfirieron esos datos a un computador para procesarlos en los Software, Map Source, Google Earth, Excel y Auto Cad, con los cuales se obtuvo el plano topográfico del área mencionada (Ver: Anexo VI - Planos).

3.1.2 Estudio del Suelo

3.1.2.1 Muestro de Suelo (Método de Muestreo de suelo al azar).

Ubicados en el área previamente definida, se procedió a recolectar submuestras completas y alteradas de suelo, procurando una distribución de muestreo lo más uniforme posible (en forma diagonal). Las submuestras fueron tomadas a una profundidad promedio de 30 cm. Se mezclaron todas las sub muestras para conformar una sola, y luego se empacaron en una bolsa plástica debidamente identificada para mandarlas al laboratorio donde se le realizaron análisis para el conocimiento de las siguientes propiedades:

- Textura
- Punto de marchitez permanente
- Capacidad de campo
- Densidad aparente (Para esta prueba se procedió a recolectar muestras de suelo inalteradas, haciendo uso de un cilindro de volumen conocido,

extrayendo muestras que conservaran el mismo estado natural del suelo (Ver: Resultados de Pruebas de Campo y Laboratorio - Anexo II).

3.1.2.2 Determinación de la Velocidad de Infiltración

Método de los Cilindros Infiltrómetros

Situados en el área en estudio se introdujo un cilindro Infiltrómetro portátil para la realización de la prueba de infiltración, en donde se tomaron lecturas de las distintas láminas de agua que se infiltraron en el suelo en un determinado tiempo.

Después de varias horas, cuando el nivel del agua en dicho cilindro varió muy poco o nada, la prueba se dio por terminada. Con las lecturas y con los tiempos registrados se calculó la tasa de infiltración promedio utilizando el Método de Kostiakov, para compararla con la pluviometría de los Microaspersores a utilizar (Ver: Prueba de Campo: Cilindro Infiltrómetro – Anexo II).

3.1.3 Aforo de la Fuente de Abastecimiento (Pozo)

Se hizo una prueba de bombeo a caudal constante y se tomaron lecturas de los distintos niveles de agua del pozo, con el objetivo de conocer el caudal promedio que éste puede erogar.

3.1.4 Análisis de Agua para Riego

Se tomó una muestra representativa de agua procedente de la fuente de abastecimiento (pozo) cuando ésta erogaba un caudal constante al ser bombeado. Dicha muestra se envió a laboratorio para su debido análisis en la determinación de su pH y su conductividad eléctrica, para la posterior evaluación de su calidad. (Ver: Resultados de Pruebas de Campo y Laboratorio - Anexo II).

3.1.5 Descripción de las Condiciones Climáticas

Para apreciar las magnitudes de los factores climáticos de la zona en que se realizó este estudio, se utilizaron los datos climatológicos proporcionados por el

Institución Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), correspondiente a la Estación Meteorológica del Aeropuerto Godoy en León, Código: 64 043, con coordenadas: Latitud: 12° 25' 36" N, Longitud: 86° 54' 48" W, Elevación: 60 msnm. (Ver: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia para el Cálculo de las Necesidades Hídricas del Cultivo – Anexo III). Dichos datos sirvieron de base para la determinación de la evapotranspiración de referencia de la zona, calculada con el software Cropwat 8.0. (Ver: Determinación de la Evapotranspiración de Referencia para el Cálculo de las Necesidades Hídricas del Cultivo - Anexo III).

3.1.6 Diseño Agronómico del Sistema de Riego por Microaspersión

3.1.6.1 Disposición de los Emisores y red de distribución sobre el área regable

El trazado en planta de la posición de los laterales porta emisores, tuberías terciarias y conductora está en dependencia del marco de plantación del cultivo, de la topografía del terreno y considerando el aspecto económico; en los que se busca la mejor ubicación de la red que logre una buena distribución del agua de riego y un ahorro de materiales para este fin.

3.1.6.2 Elección del Microaspersor

A la hora de seleccionar el tipo de Microaspersor con el que regaremos, debemos considerar:

- El hábito de crecimiento del sistema radicular (profundo o superficial).
- El tipo de suelo (texturas finas, medias o gruesas).
- Diseño de plantación (marco de plantación tradicional, alta densidad o cultivo hilerado).

A demás, hay que tener en cuenta de que no es válido cualquier Microaspersor para el sistema de riego que estemos diseñando. Cada Microaspersor tiene su rango de funcionamiento óptimo según la presión disponible. Un mismo

Microaspersor rendirá un caudal diferente y tendrá un alcance distinto según la presión a la que esté funcionando y en combinación con el tipo de boquilla.

Esto hace necesario que debamos contar con los datos técnicos de los microaspersores que potencialmente podemos utilizar en el proyecto (En Anexo I se presenta el catálogo comercial del Microaspersor utilizado en este trabajo).

En el proceso del diseño agronómico es necesario determinar algunas características del emisor según su funcionamiento:

Área mojada por emisor [Ae (m²)]

$$A_e = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

Donde:

D = Diámetro de mojado del emisor (m)

Intensidad de Aplicación del Microaspersor (Ia = mm/h)

$$I_a = \frac{q_m}{A_e}$$

Donde:

qm = Caudal de trabajo del Microaspersor (lph)

Número de emisores por planta (e)

e = 1 / # de plantas regadas por emisor

3.1.6.3 Relación suelo-agua

Lámina máxima que retiene el suelo - LMA (mm)

$$LMA = 10 * [(C.C - P.M.P)/100] * Da * Pr$$

Donde:

Da: Densidad aparente (gr/cm³)

Cc: Capacidad de campo (%)

P.M.P: Punto de marchitez permanente (%)

Pr: Profundidad radicular efectiva (cm)

Lámina neta o dosis neta de riego

$$LN = (LMA * \% A) / 100$$

Donde:

LN: Lámina neta (mm)

LMA: Lámina máxima (mm)

% A: agotamiento o aprovechamiento (%)

Lámina bruta o dosis bruta de riego

$$LB = LN / Ea$$

LB: Lámina bruta (mm)

LN = Lámina neta (mm)

Ea: Eficiencia del sistema de riego

3.1.6.4 Necesidades de Riego

Evapotranspiración del cultivo [ETc (mm/día)]

$$ETc = ETo * kc$$

ETo = Evapotranspiración de Referencia (mm/día)

Kc = Coeficiente del cultivo (adimensional).

Necesidades netas de riego [Nn (mm/día)]

$$Nn = ETc$$

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Necesidades Totales (mm/día)

$$N_t = \frac{N_n}{(1-k)C_u} = ET_c / (E_a * C_u)$$

Donde:

Nn: Necesidades netas de riego (mm/día)

K = (1 - E_a)

C_u = Coeficiente de uniformidad

Necesidades diarias por planta [D_p (lts/planta/día)]

$$D_p = N_t \times S_p \times S_s$$

Donde:

N_t = Necesidades totales del cultivo (mm/día)

S_p = Separación entre plantas (m)

S_s = Separación entre surcos (m)

Tiempo de aplicación [T_a (hr)]

$$T_a = D_p / (e * q_m)$$

3.1.7 Diseño Hidráulico del Sistema de Riego por Microaspersión

Se comienza por el diseño de la subunidad de riego, combinando los cálculos hidráulicos (determinación de caudales, presiones y diámetros de tuberías laterales y terciarias) con la distribución en planta de la red de riego (diseño geométrico del sistema) según forma y topografía del área a regar.

Los cálculos hidráulicos consisten en primer lugar en determinar los caudales en las tuberías laterales y terciarias luego, teniendo en cuenta cierta tolerancia de presiones, seleccionar los diámetros y el régimen de presiones para dichas tuberías. El resto del diseño (tuberías secundarias, primarias o conductora y cabezal de riego) es más parecido al de cualquier red tradicional de riego por tuberías, con algunas peculiaridades en el caso del cabezal de riego.

3.1.7.1 Diseño de la Sub-unidad de Riego

A partir de la distribución en planta de las tuberías terciarias y laterales se definen sus longitudes, pensando en conseguir una distribución de agua adecuada a un mínimo costo; seguido de la determinación de los caudales de éstas y la elección de sus diámetros y régimen de presiones.

Para el caso del dimensionamiento de las tuberías terciarias y laterales, se debe considerar los requerimientos de presión y caudal de los emisores para mantener un Coeficiente de Uniformidad (CU) del sistema lo más cercano al potencial que tienen los sistemas de riego localizado de 90%.

Asumiendo que se pretende lograr un sistema de riego con un CU como el antes mencionado y con coeficientes de variación, coeficientes y exponentes de descarga estándar de distintos emisores (variables dadas por la ecuación del emisor que describe la relación caudal-presión), se puede determinar el rango de

tolerancia de presiones (ΔH_s) para distintas calidades. En la tabla 9 se presentan estos rangos, utilizando algunos valores estándar de emisores no autocompensados.

Tabla 9: Tolerancia de presiones

Emisores	Calidad	CV	X	$\Delta H_s(m)$
Goterros	Malo	0.1	0.85	2.0
	Regular	0.07	0.65	3.8
	Bueno	0.04	0.45	7.0
Microaspersores	Malo	0.065	0.65	1.3
	Regular	0.045	0.5	3.8
	Bueno	0.03	0.35	7.4
Cintas	Malo	0.17	0.9	2.6
	Regular	0.15	0.75	3.4
	Bueno	0.1	0.45	6.7

Fuente: Riego y Drenaje Guía del I Extensionista. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Luisa Villablanca & Maldonado I., Isaac (Ed.) 2001 – Chile.

En terreno horizontal o de pequeña pendiente, ΔH_s se suele repartir de tal forma que, se considera como carga permisible para ambas tuberías, la mitad de la pérdida aceptada para toda la subunidad:

$$\Delta h_l = \Delta H_t = \frac{1}{2} \Delta H_s$$

Donde:

ΔH_s = es la pérdida de carga permisible en la subunidad de riego.

Δh_l = Pérdida de carga permisible en el lateral, en m.

ΔH_t = Pérdida de carga permisible en la terciaria, en m.

A partir de la presión del emisor medio (h_a), se determinan la presión a la entrada y la presión mínima del lateral (h_l y h_n respectivamente), y de igual manera, la

presión a la entrada y presión mínima de la terciaria (H_t y H_n respectivamente). La diferencia de estos valores debe cumplir lo establecido sobre tolerancia de presiones:

$$h_l - h_n < \Delta h_l \quad \text{y} \quad H_t - H_n < \Delta H_t$$

- **Determinación de los Caudales en las Tuberías Lateral y Terciaria**

Para tubería lateral:

Número de emisores (n)

$$n = l / S_e$$

Donde:

l = Longitud del lateral, en m.

S_e = Separación entre emisores, en m.

Caudal del lateral (q_l)

$$q_l = n * q_m$$

Donde:

q_m = Caudal medio del emisor.

Para tubería terciaria:

Número de laterales (N)

$$N = L / S_l$$

Donde:

L = Longitud de la terciaria, en m.

S_l = Separación entre laterales, en m.

Caudal de la terciaria (Q_t)

$$Q_t = N * q_l$$

Donde:

q_l = Caudal del lateral.

- **Determinación de las pérdidas de carga por rozamiento para tuberías lateral y terciaria**

Se calcula la pérdida de carga unitaria (J), en m/100m.

En tuberías de riego agrícola, para el cálculo de la pérdida de carga unitaria para materiales de PVC y PE se recomienda en riego localizado la ecuación de Blassius (una aproximación de la ecuación de Darcy - Weisbach) para tuberías con diámetros iguales o menores a los 125 mm y cuando a $10^5 < Re < 10^7$.

$$J = 7.89 \times 10^{-7} \left(Q^{1.75} / D^{4.75} \right)$$

Donde:

J = Gradiente de pérdida de carga o pérdida unitaria, en m/100 m.

Q = Caudal del lateral o terciaria (lps) según el caso.

D = Diámetro interior del lateral o terciaria (mm) según el caso.

- **Determinación de la pérdida de carga unitaria corregida para ambas tuberías, debido a la conexión de los emisores - lateral (en el caso de los laterales) y por conexiones lateral-terciaria (en el caso de terciaria) (J'), en m/100 m.**

Las pérdidas de carga, se ven afectadas también por la obstrucción que se produce por la inserción de cada emisor en el lateral. Esta pérdida depende del tamaño y tipo de conexión, y del diámetro interno del lateral. Para incorporar esta pérdida a las pérdidas totales del lateral, se determina una longitud equivalente (l_e) del lateral en el cual se insertan los emisores.

Para nuestro caso el tipo de conexión es Conexión sobre Línea: a la tubería lateral se le hace un orificio mediante un perforador para polietileno (un punzón) para luego introducir en éste el agriconector o microtubo del emisor (Ver: Fig. 11).

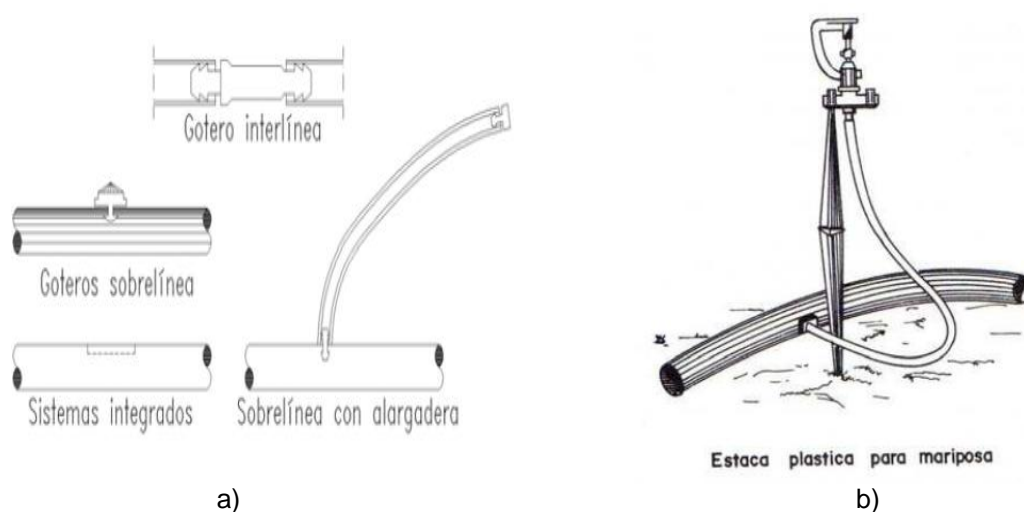


Figura 11. a) Conexiones de emisores b) Sistemas de conexión de un Microaspersor a la tubería lateral.

Fuente: Riego Localizado-Apuntes de Clase- Dr. Ing. Jesús Rodrigo López-Universidad de La Laguna, Canarias, España-2010

En el caso de la conexión lateral-terciaria se realizan previamente perforaciones en la tubería terciaria con la ayuda de un taladro con broca especial, de manera que en el orificio producido se introduce el gromer (empaquete especial de hule) donde se insertan los conectores de PVC-PE para hacer posible este tipo de conexión (Ver: Fig.12).



Figura 12. Acoples de laterales de PE con terciaria de PVC

Fuente: Riego Localizado-Apuntes de Clase - Dr. Ing. José Rodrigo López--Universidad de La Laguna, Canarias, España-2010

De tal manera que la pérdida unitaria por este concepto quedaría:

Para tubería lateral:

$$J' = J[(Se + fe)/Se]$$

Donde:

J = Pérdida unitaria (m/100m)

fe = Factor de corrección o longitud de lateral cuya pérdida de carga equivale a la producida por la conexión del emisor, (m).

Se = Separación entre emisores, (m).

Tabla 10: Valores de fe según el tipo de conexión.

Conexión	Ecuación
Grande	$fe = 23.04 * di^{-1.84}$
Estándar	$fe = 18.91 * di^{-1.87}$
Pequeña	$fe = 14.38 * di^{-1.89}$

Fe = m; di = diámetro interno del lateral en mm. (Este cuadro también se utiliza para terciarias).

Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996

Nota: ver más detalles en: Longitud equivalente de la conexión de un emisor - Anexo IV - Figuras.

Para tubería terciaria:

$$J' = J[(Sl + Fe)/Sl]$$

Donde:

J = Pérdida unitaria (m/100m).

Fe = Factor de corrección o longitud de terciaria cuya pérdida de carga equivale a la producida por la conexión del lateral con la terciaria, (m).

Sl = Separación entre laterales, (m).

Obtención del factor de Christiansen (F) para tubería lateral y terciaria.

“F” es el coeficiente de reducción de Christiansen para compensar la descarga a lo largo de la tubería en función del número de orificios o salidas múltiples.

El factor de Christiansen (F) se puede calcular mediante la expresión:

$$F = \frac{1}{1 + \beta} + \frac{1}{2 * n} + \frac{\sqrt{\beta - 1}}{6 * n^2}$$

F es función de n (número de derivaciones o emisores) y del régimen hidráulico β que es el exponente de la fórmula.

Los valores de F pueden conocerse mediante el empleo de la tabla No.3 que se encuentra en ANEXO I. TABLAS Y CATÁLOGOS - Coeficientes de Christiansen, cuando la primera derivación esté a una distancia del comienzo de la tubería (l_0), igual a la equidistancia (l) entre las derivaciones, es decir, $l = l_0$, o bien cuando la primera derivación está situada a una distancia del comienzo del lateral igual a la mitad del espaciamiento entre derivaciones ($l_0 = l/2$).

Se determina la pérdida de carga por rozamiento (h_f), en m.

Para lateral:

$$h_{fl} = J' x F x (l/100)$$

Donde:

h_{fl} = Pérdida de carga en el lateral, en m.

J' = Pérdida unitaria corregida (m/100m).

l = Longitud de la tubería lateral (m).

Para terciaria:

$$h_{ft} = J' x F x (L/100)$$

Donde:

h_{ft} = Pérdida de carga en la terciaria, en m.

J' = Pérdida unitaria corregida (m/100m).

L = Longitud de la tubería terciaria (m).

- **Régimen de Presiones en la Sub-unidad de Riego**

Para tubería lateral:

Presión a la entrada del lateral (h_l), en m.

$$h_l = h_m + \frac{3}{4} h_{fl} \pm \frac{1}{2} (\Delta El)$$

$$\Delta El = (S * l) / 100$$

Donde:

h_m = presión de trabajo del emisor, en m.

h_{fl} = Pérdida de carga en el lateral, en m.

ΔEl = Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería, en m.

S = pendiente, en %.

l = longitud del lateral, en m.

Presión mínima del lateral (h_n), en m.

- Cuando $S < 0$ y $|S| < J'$

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta El) - \Delta h_c$$

Donde:

$$\Delta h_c = l/100 (1 - F) S^{1.52} (J')^{-0.57}$$

- Cuando $S \geq 0$

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta El)$$

- Cuando $S < 0$ y $|S| > J'$

$$h_n = h_l$$

$$h_c = h_l - h_{fl} - \Delta El$$

Donde h_c = presión al final de la tubería, en m. De tal manera que se cumple que $\Delta h = 0$. Entonces:

$$\Delta h_c = h_c - h_n$$

Diferencia de presiones entre el principio de la tubería lateral y su punto de mínima presión (Δh_l), en m.

$$\Delta h_l = h_l - h_n$$

Para tubería Terciaria:

Se calcula la presión a la entrada de la terciaria (H_t).

$$H_t = h_l + \frac{3}{4} h_{ft} \pm \frac{1}{2} (\Delta EL)$$

$$\Delta EL = S * L/100$$

Donde:

h_{ft} = Pérdida de carga en la terciaria, en m.

ΔEL = Diferencia de cotas entre los extremos de la tubería, en m.

S = pendiente, en %.

L = longitud de la terciaria, en m.

Se calcula la presión mínima en la terciaria (H_n).

- Cuando $S < 0$ y $|S| < J'$

$$H_n = H_l - (h_{ft} + \Delta El) - \Delta H_c$$

Donde:

ΔH_c : Diferencia de presiones en la terciaria, desde el punto de mínima presión y el final de la tubería cerrada, en m.

$$\Delta H_c = L/100 (1 - F) S^{1.52} (J')^{-0.57}$$

- Cuando $S \geq 0$

$$H_n = H_t - (h_{ft} + \Delta El)$$

- Cuando $S < 0$ y $|S| > J'$

$$H_n = H_t$$

$$H_c = H_l - h_{ft} - \Delta EL$$

$$\Delta H_c = H_c - H_n$$

Diferencia de presión entre el principio de la terciaria y su punto de mínima presión (ΔH_t), en m.

$$\Delta H_t = H_t - H_n$$

3.1.7.2 Diseño de la Tubería Conductora

Esta tubería cumple la función de conducir el agua de riego desde el cabezal hasta la entrada a las subunidades. El diseño consiste en seleccionar el diámetro más apropiado.

Método utilizado para seleccionar el diámetro de la tubería principal.

Método de la velocidad permisible

La velocidad del agua en las tuberías tiene un valor límite, el cual fluctúa entre 5 y 10 pies/seg (1.50 a 3.00 m/s), siendo el valor más usual 7 pies/s (2.13 m/s).

El diámetro se obtiene de la siguiente manera:

$$Q = A * V$$

Despejando queda: $A = Q / V$ pero $A = \frac{\pi * D^2}{4}$

Sustituyendo y despejando se obtiene el diámetro D en m:

$$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * V}}$$

Donde:

Q = Caudal que circula por la tubería, en m³/s.

V = Velocidad permisible, propuesta, en m/s.

A = Área transversal de la tubería, en m².

Pérdida de carga unitaria (m/100m)

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

Donde:

Q = Caudal de la tubería conductora (lps)

D = Diámetro interior de la tubería conductora (mm)

Pérdida de carga por rozamiento en la tubería conductora

$$h_{fc} = J \times L/100$$

Donde:

J = Pérdida unitaria en la tubería conductora (m/100m)

L = Longitud de la tubería conductora (m)

3.1.7.3 Requerimientos del Equipo Motobomba

Consiste en determinar la altura total de elevación denominada **altura manométrica total (HT)**, se sabe que ésta es la presión efectiva que ha de vencer la bomba para elevar el agua desde su nivel más bajo hasta el punto de elevación más alto, y es un dato imprescindible para calcular la potencia necesaria del motor.

Para la selección de la bomba, debe contarse con sus curvas características (puntos de funcionamiento de la bomba para diferentes condiciones) proporcionadas por el fabricante, requiriéndose la siguiente información:

- El caudal (Q), que deberá utilizar una unidad operacional (o el sistema si se quiere regar todo a la vez). Este caudal se puede obtener sumando los caudales de las subunidades que se operarán simultáneamente, o bien se utiliza el caudal que se usó para diseñar la tubería principal que sale del cabezal.
- La carga HT antes mencionada, que debe vencer la bomba para satisfacer las necesidades del sistema.

Determinación de la Altura Manométrica Total (HT)

La altura "HT" conocida también como Carga Total Dinámica es la suma de **Ha** (altura geométrica de aspiración o nivel dinámico de bombeo), **Hi** (altura manométrica de impulsión) y **Hp** (pérdidas de carga en las tuberías y las provocadas en los accesorios).

"**Ha**" es la altura existente entre el nivel del agua aspirada y el centro o eje de la bomba. Se recomienda que no sea superior a 7 metros.

La Altura Geométrica de Impulsión "**hi**" es la altura existente entre el centro o eje de la bomba y el punto más alto de la tubería de impulsión.

Si a "**hi**" se le suma la presión de trabajo del emisor se obtiene la Altura Manométrica de Impulsión "**Hi**".

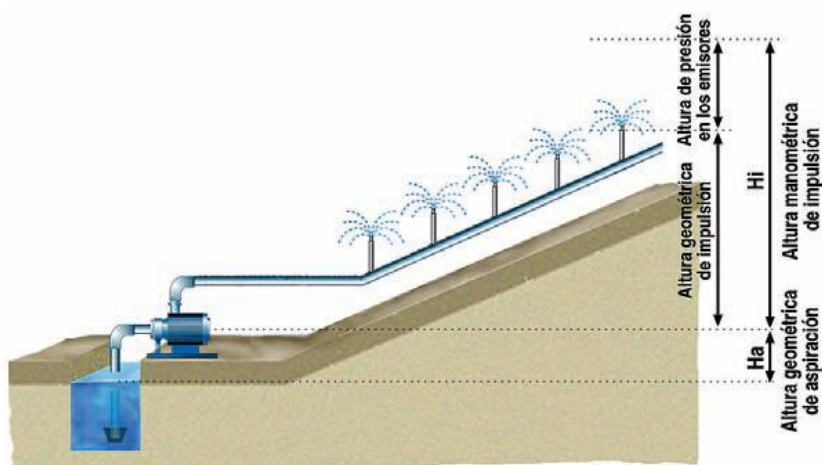


Figura 13. Representación esquemática de las alturas de aspiración e impulsión en la elevación del agua.

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

Para determinar la Altura Manométrica Total es necesario sumar la Altura Geométrica de Aspiración "**Ha**", la Altura Manométrica de Impulsión y las *pérdidas de carga* que se producen en las tuberías y elementos singulares y especiales.

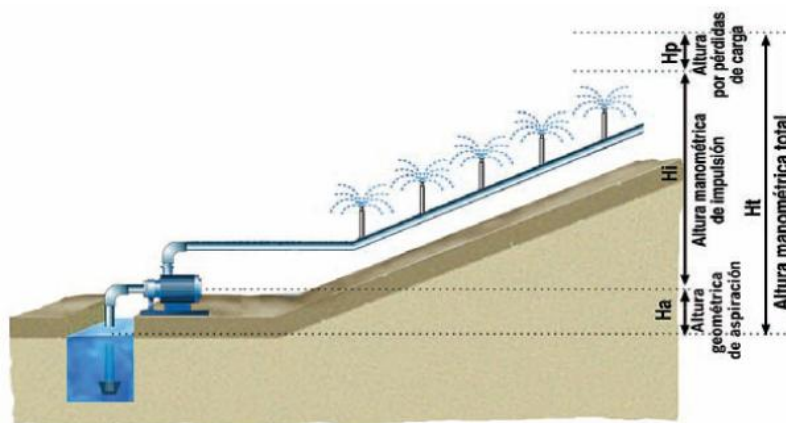


Figura 14. Representación esquemática de la altura manométrica total.

Fuente: Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores - Consejería de Agricultura y Pesca – Sevilla, 2010.

Entonces:

Altura Manométrica Total

$$H_T = H_a + H_i + \sum h_p$$

Donde:

HT = Altura Manométrica Total o Carga Total Dinámica (m)

Ha = Altura geométrica de aspiración (m)

Hi = Altura manométrica de impulsión (m)

$\sum h_p$ = Sumatoria de las pérdidas de carga totales (m)

Que se puede expresar en términos más particulares según nuestro caso.

$$H_T = H_a + h_i + H_c + \sum h_{floc}$$

Donde:

Ha = Altura geométrica de aspiración (m)

hi = altura geométrica de impulsión (m).

Hc = Presión a la entrada de la tubería conductora (m)

$\sum h_{floc}$ = Sumatoria de las pérdidas de carga localizadas o por accesorios (m)

Las pérdidas de carga localizadas o por accesorios están definidas por la ecuación:

$$h_{floc} = k * \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

K = Coeficiente adimensional de pérdida de carga localizada.

v = la velocidad del flujo de agua que pasa por el accesorio y que depende del caudal y el área de sección transversal de la tubería en la que se encuentra el accesorio, (m/s).

g = aceleración de la gravedad (m/s²).

Potencia Absorbida por la bomba

$$HPB = \frac{Q * H_T}{76 * Eb}$$

Donde:

HPB = Potencia consumida por la bomba, en HP.

Q = Caudal, en lps.

Ht = Altura manométrica total, en m.

Eb= Rendimiento de la bomba, en tanto por uno.

Requerimientos de Potencia del Motor

El margen de potencia mínima recomendada debe oscilar entre el 10 y 20 % sobre la potencia consumida por la bomba, en el punto de trabajo. (1.20 para motor de combustión interna).

$$P_m (HP) = HPB(HP) * \text{margen de seguridad } (\%)$$

3.1.8 Costos de Producción del Plátano con Riego por Microaspersión

3.1.8.1 Costos por riego (Infraestructura, instalación y operación)

El presupuesto que refleja los costos de la infraestructura del sistema de riego está basado en la cotización de los precios de los distintos materiales necesarios para la instalación del sistema, dichos precios fueron proporcionados por las casas comerciales consultadas, así como los costos de instalación por manzana de riego por Microaspersión. Estos últimos se incluyen dentro de los costos por concepto de mano de obra dentro de los costos de producción del cultivo. (Ver: Costos de Producción – Anexo V).

Los costos de operación del sistema están fundamentados en el consumo de combustible del equipo de bombeo y el tiempo de su funcionamiento o tiempo de riego previamente establecido.

3.1.8.2 Estimación de los costos de producción del plátano bajo riego

Se elaboró una matriz donde se incluyen las distintas labores culturales desarrolladas para la producción del cultivo de plátano en todo su ciclo vegetativo, incluyendo los gastos en insumos y mano de obra para tales labores; los costos por concepto de riego fueron añadidos a los antes mencionados para determinar así los costos de producción por manzana de dicho cultivo. (Ver: Costos de Producción - Anexo V).

3.1.9 Instalación del Sistema de Riego por Microaspersión

La instalación de un sistema de riego por Microaspersión es una labor que no está exenta de detalles. Éstos son fundamentales para lograr una correcta aplicación del agua, junto con asegurar una larga vida útil de los materiales empleados.

A continuación se presenta una lista de pasos a seguir en el proceso de instalación:

1. Antes o durante la instalación de las tuberías, se debe instalar el cabezal de riego de modo que se deben acoplar y pegar los siguientes elementos: bomba, sistema filtros (de malla según necesidad), manómetro y válvulas reguladoras de caudal y presión.
2. A partir del diseño previamente elaborado, se procede en campo a marcar y estacar la ubicación del cabezal y caballete de riego, así como la dirección por donde pasarán las tuberías de PVC (conductoras y terciarias).
3. Excavar las zanjas donde se instalarán las tuberías antes mencionadas. Las dimensiones de la zanjas serán de 20 cm de ancho por 30 cm de profundidad para evitar la rotura de las mismas debido al tránsito de personal agrícola, animales o cualquier carga sobre el terreno.
4. Se procede a tender o colocar las diferentes tuberías en sus respectivas zanjas.
5. Se acoplan y pegan todas las tuberías, incluyendo los distintos accesorios (Tee, codos, terminales, reducciones, etc.) que permiten el establecimiento de la red de distribución sobre el terreno, debe realizarse utilizando un pegamento especial para PVC. Esta operación debe hacerse con los elementos a pegar, secos y limpios.
6. Aquellos elementos como filtros, válvulas, tapones, etc. que tienen un hilo para que sean atornillados, se unen al sistema mediante terminales denominados HE (Rosca Macho) si tienen el hilo externo, o HI (Rosca Hembra) si tienen el hilo interno. Para evitar filtraciones se debe utilizar,

además, un material llamado "Teflón" que se pone en el terminal de estos elementos envolviendo el sector con éste.

7. La perforación de la tubería terciaria, que es donde se conectan los laterales de riego, debe realizarse con un taladro con broca especial. En estos orificios se instala el gromer (empaquete especial de hule) en el cual se introduce el conector PVC – PE para luego acoplar los laterales a dicha terciaria.
8. Se tienden los laterales de riego sobre el terreno con una separación entre ellos establecida previamente en el diseño.
9. Los laterales de riego son pinchados con un punzón a la separación entre emisores que dicta el diseño, de modo que en estos orificios se introduce el agriconector (manguerita del Microaspersor), definiendo de esta manera la conexión lateral-emisor.
10. Los finales de las tuberías terciarias, se sellan con un tapón con hilo que se debe sacar a la superficie mediante codos. Estos tapones se pueden quitar para limpiar fácilmente las tuberías durante la temporada. En el caso de los laterales, se hace al final de ellos, un nudo especial que se logra doblando la manguera de polietileno y amarrándola con mecates, de esta manera se impide que siga el transcurso del agua en ellas.
11. Se procede a rellenar o tapar las zanjias de modo que queden todas las tuberías enterradas.

De esta manera se concluye la instalación del sistema de riego por Microaspersor, listo para encender el equipo motobomba y empezar a regar. (Ver: Instalación de Sistema de Riego por Microaspersión – Anexo VII).

CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

4.1 DISEÑO AGRONÓMICO

4.1.1 Disposición de los Emisores y Laterales de Riego sobre el área regable

En la subunidad de riego, se ha establecido el marco de plantación para cultivo de alta densidad, que en nuestro caso es la Siembra en Doble Surco; con dimensiones de 1.5 x 1.5 x 3.5 m correspondiente al distanciamiento entre plantas, hileras y ancho de calles respectivamente.

A partir de esto, se determinó el arreglo de los Microaspersores que según su diámetro de mojado, éstos pueden regar 6 plantas cada uno, con la condición de que la separación de los mismos sobre la línea de su respectivo lateral sea de 5 m, siendo también esta distancia la correspondiente a la separación entre laterales de riego.

Los laterales de riego se extenderán a lo largo del doble surco y en el medio de la separación entre las hileras de plantas, de manera que, cada lateral de riego regará un doble surco de plantas.

Esta disposición permite cumplir con los requerimientos de la planta. Se pueden proponer diferentes soluciones que cumplan con el aspecto agronómico, quedando como elemento de decisión el costo de las alternativas propuestas.

4.1.2 Disposición de las tuberías terciarias y tubería conductora

Las tuberías terciarias dividirán la parcela en dos parte iguales, obteniendo así las dos subunidades de riego.

La tubería conductora que abastecerá a las dos tuberías terciarias partirá desde el pozo hasta el punto central de la parcela.

Datos de Entrada.

Textura del Suelo: Franco Arcilloso

C.C. = 26 %

P.M.P. = 14 %

Da = 1.39 gr/cm³

Pr = 60 cm

Ib = 15 mm/h

ETo = 6 mm/día (correspondiente al mes de marzo)

Kc = 1.20

Ea = 90 %

CU = 90 %

Frecuencia de riego = 1 día

Área total para el Cultivo = 1 Mz = 84 m x 84 m

Caudal neto disponible = 60 gpm

Nivel dinámico de bombeo = 7 m

Marco de Plantación

Sp = 1.5 m

Ss = 1.5 m

Ancho de calles = 3.5 m

Datos del Microaspersor

Modelo: Micro Quick Sprays QN-24 Rain Bird

Boquilla: Roja (\varnothing = 1.45 mm)

qm = 65.6 L/h

hm = 10 m

Diámetro de Mojado = 5.1 m

Área mojada por emisor

$$A_e = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A_e = \frac{\pi \times (5.1 \text{ m})^2}{4}$$

$$A_e = 20.43 \text{ m}^2$$

Número de emisores por planta (e)

$e = 1 / \# \text{ de plantas regadas por emisor}$

$$e = 1 / 6$$

$$e = 0.17 \text{ emisores/planta}$$

Intensidad de Aplicación del Microaspersor (mm/día)

$$I_a = \frac{q_m}{A_e}$$

$$I_a = \frac{65.6 \text{ lph}}{20.43 \text{ m}^2}$$

$$I_a = 3.2 \text{ mm /h}$$

4.1.2 Relaciones suelo-agua

- Lámina máxima que retiene el suelo

$$\text{LMA} = 10 * [(C.C - P.M.P)/100] * D_a * P_r$$

$$\text{LMA} = 10 * [(26 - 14)/100] * 1.39 \text{ g/cm}^3 * 60 \text{ cm}$$

$$\text{LMA} = 100 \text{ mm}$$

- Lámina neta o dosis neta de riego

$$LN = (LMA * \% A) / 100$$

$$LN = (100 \text{ mm} * 60) / 100$$

$$LN = 60 \text{ mm}$$

- Lámina bruta o dosis bruta de riego

$$LB = LN / Ea$$

$$LB = 60 \text{ mm} / 0.90$$

$$LB = 67 \text{ mm}$$

4.1.3 Necesidades de Riego

- Evapotranspiración del cultivo

$$Etc = Eto * Kc$$

$$ETc = 6 \text{ mm/día} * 1.20 = 7.20 \text{ mm/día}$$

- Necesidades Totales

$$Nt = \frac{Nn}{(1-k)Cu} = ETc / (Ea * Cu)$$

$$Nt = (7.2 \text{ mm/día}) / (0.9 * 0.9)$$

$$Nt = 8.90 \text{ mm}$$

- Dosis de Aplicación

$$Dp = Nt * Sp * Ss$$

$$Dp = 8.90 \text{ mm/día} * 1.5 \text{ m} * 1.5 \text{ m}$$

$$Dp = 20 \text{ lt/plantas/día}$$

- Tiempo de Aplicación

$$Ta = Dp / (e * qm)$$

$$Ta = (20 \text{ lt/plantas/día}) / (0.17 \text{ emisor/planta} * 65.6 \text{ lt/h/emisor})$$

$$Ta = 1.8 \text{ hr/día} \approx 1 \text{ hr } 48 \text{ min}$$

4.2 DISEÑO HIDRÁULICO

4.2.1 Diseño de tubería lateral

Datos de entrada

$$\varnothing = 13.2 \text{ mm (diámetro interno)}$$

$$L = 42 \text{ m}$$

$$Se = 5 \text{ m}$$

$$l_0 = \frac{1}{2} Se$$

$$f_e = 0.15$$

$$F = 0.390$$

$$S = 1.8 \%$$

$$h_m = 10 \text{ m}$$

$$q_m = 65.6 \text{ lph} = 0.0182 \text{ lps}$$

$$n = 8 \text{ emisores}$$

- Caudal del Lateral

$$q_l = n * q_m$$

$$q_l = 8 * 65.6 \text{ lph}$$

$$q_l = 524.8 \text{ lph} = 0.146 \text{ lps}$$

- Pérdida de carga unitaria

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \left(\frac{0.146^{1.75}}{13.2^{4.75}} \right)$$

$$J = 12.94 \text{ m/100m}$$

- Pérdida de carga unitaria corregida

$$J' = J[(Se + fe)/Se]$$

$$J' = 12.94 [(5 + 0.15)/5]$$

$$J' = 13.33 \text{ m/100m}$$

- Pérdida de carga en el lateral

$$h_{fl} = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_{fl} = 13.33 \times 0.390 \times (42/100)$$

$$h_{fl} = 2.18 \text{ m}$$

- Presión a la entrada del lateral (h_l).

$$h_l = h_m + \frac{3}{4} h_{fl} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$h_l = 10 + \frac{3}{4} (2.18) + \frac{1}{2} (1.8 \times 42/100)$$

$$h_l = 12.00 \text{ m}$$

- Presión mínima en el lateral (h_n).

$$h_n = h_l - (h_{fl} + \Delta EL)$$

$$h_n = 12.00 - [2.18 + (1.8 \times (42/100))]$$

$$h_n = 9.06 \text{ m}$$

- Diferencia de presión (Δh)

$$\Delta h = h_l - h_n$$

$$\Delta h = 12.00 \text{ m} - 9.06 \text{ m}$$

$$\Delta h = 2.94 \text{ m}$$

4.2.2 Diseño de tubería Terciaria

Datos de entrada

$$\varnothing = 38 \text{ mm (diámetro interno)}$$

$$L = 42 \text{ m}$$

$$SI = 5 \text{ m}$$

$$Fe = 0.02$$

$$I_0 = \frac{1}{2} SI$$

$$F = 0.369$$

$$S = 1.8 \%$$

$$q_l = 524.8 \text{ lph}$$

$$N = 16 \text{ laterales}$$

- Caudal de la terciaria

$$q_t = N * q_l$$

$$q_t = 16 * 524.8 \text{ lph}$$

$$q_t = 8,396.8 \text{ lph} = 2.332 \text{ lps}$$

- Pérdida de carga unitaria

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \left(\frac{2.332^{1.75}}{38^{4.75}} \right)$$

$$J = 10.88 \text{ m/100m}$$

- Pérdida de carga unitaria corregida

$$J' = J[(SI + Fe)/SI]$$

$$J' = 10.88 [(5 + 0.02)/5]$$

$$J' = 10.92 \text{ m/100m}$$

- Pérdida de carga en la terciaria

$$h_{ft} = J' \times F \times (L/100)$$

$$h_{ft} = 10.92 \times 0.369 \times (42/100)$$

$$h_{ft} = 1.69 \text{ m}$$

- Presión al inicio de la terciaria

$$H_t = h_l + \frac{3}{4} h_{ft} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_t = 12.00 + \frac{3}{4} (1.69) + \frac{1}{2} (1.8 \times 42/100)$$

$$H_t = 13.65 \text{ m}$$

- Presión mínima en la terciaria (H_n).

$$H_n = H_t - (h_{ft} + \Delta EL)$$

$$H_n = 13.65 - [1.69 + (1.8 \times (42/100))]$$

$$H_n = 11.20 \text{ m}$$

- Diferencias de presión (ΔH)

$$\Delta H = H_t - H_n$$

$$\Delta H = 13.65 \text{ m} - 11.20 \text{ m}$$

$$\Delta H = 2.45 \text{ m}$$

4.2.3 Diseño de tubería Conductora

El caudal de la tubería conductora es el mismo de la tubería terciaria ya que se regará por sectores y sabiendo que cada terciaria regará un sector.

$$Q = 2.332 \text{ lps} = 0.0023 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 1.52 \text{ m/s}$$

$$L = 41 \text{ m}$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4Q}{\pi V}\right)} \text{ entonces: } D = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot 0.0023}{\pi \cdot 1.5}\right)}$$

$$\text{Obteniendo: } D = 0.044 \text{ m} = 44.49 \text{ mm} \approx D = 50 \text{ mm o bien 2"} \text{ }$$

- Cálculo de pérdida unitaria (m/100m)

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{Q^{1.75}}{D^{4.75}} \right)$$

$$J = 7.89 \times 10^7 \left(\frac{2.332^{1.75}}{50^{4.75}} \right)$$

$$J = 2.95 \text{ m /100m}$$

- Pérdida de carga en la tubería conductora

$$h_{fc} = J \times L / 100$$

$$h_{fc} = 2.95 \times 41 / 100$$

$$h_{fc} = 1.21 \text{ m}$$

- Presión a la entrada de la conductora

$$H_c = h_t + \frac{3}{4} h_{fc} \pm \frac{1}{2} \Delta EL$$

$$H_c = 13.65 + \frac{3}{4} (1.21) - \frac{1}{2} (1.8 \times 41 / 100)$$

$$H_c = 14.18 \text{ m} \approx 20 \text{ psi}$$

4.2.4 Requerimientos del Equipo Motobomba

4.2.4.1 Cálculo de la Altura Manométrica Total (HT)

Nivel Dinámico de bombeo (Ha) = 7 m

Altura geométrica de impulsión

hi = 1.40 m (Elevación desde el eje de la bomba hasta el cabezal de riego, ya que la bomba se colocó por debajo del nivel del suelo para reducir la altura de aspiración en el pozo).

Pérdidas de carga locales o por accesorios "hfloc"(m)

Tabla 11. Pérdidas de carga locales				
Accesorio	K	"hfloc"(m)	Cantidad	Total (m)
Red. Brusca 2" x 1½"	0.164	0.01	3	0.03
Red. Brusca 2" x 1"	0.308	0.02	3	0.06
Red. Brusca 1" x ½"	0.339	0.025	1	0.025
Te lisa 2"	1	0.07	3	0.21
Codo 2" x 90°	0.90	0.07	7	0.49
Codo 1½" x 90°	0.90	0.07	2	0.14
Ensanchamiento brusco 1½" x 2"	0.19	0.01	1	0.01
Ensanchamiento brusco ½" x 1"	0.56	0.04	1	0.04
Llave de bola 2"	0.06	0.004	3	0.01
Válvula de pie	2.5	0.18	1	0.18
Filtro de malla 2"		1	1	1
Σ				2.20

Fuente: Propio.

Nota: 1) $hf_{loc} = k * v^2 / 2g$, la velocidad "v" tiene un valor de 1.2 m/s según el caudal de 2.332 lps que pasa por la tubería terciaria y conductora que es el mismo para ambas 2) El cuadro incluye los accesorios del cabezal y caballete de riego.

- Altura Manométrica Total

$$H_T = H_a + h_i + H_c + \sum h_{floc}$$

$$H_T = 7 \text{ m} + 1.4 + 14.18 \text{ m} + 2.20 \text{ m}$$

$$H_T = 24.78 \text{ m}$$

Esta es la presión que debe suministrar la bomba para lograr el buen funcionamiento de los Microaspersores.

- Potencia Absorbida por la bomba

$$HPB = \frac{Q * H_T}{76 * Eb}$$

$$HPB = \frac{2.332 \text{ lps} * 24.78 \text{ m}}{76 * 0.75}$$

$$HPB = 1 \text{ HP}$$

- Requerimientos de Potencia del Motor

$$P_m (HP) = HPB(HP) * \text{margen de seguridad (\%)}$$

$$P_m (HP) = 1HP * 1.20$$

$$P_m (HP) = 1.20 \text{ HP}$$

4.3 RESULTADOS

5.1.1 Diseño Agronómico

Tabla 12. Resultados del Diseño Agronómico	
Aspectos del Riego	
<i>Evapotranspiración de Referencia (Eto)</i>	6 mm/día
<i>Evapotranspiración del Cultivo (Etc)</i>	7.2 mm/día
<i>Necesidades Totales de Riego (Nt)</i>	8.90 mm/día
<i>Dosis diaria por planta (Dp)</i>	20 lts/planta/día
<i>Área Regada por Microaspersor (Ae)</i>	20.43 m ²
<i>Intensidad de Aplicación del Microaspersor (Ia)</i>	3.2 mm/h
<i>Número de Plantas regadas por emisor</i>	6 plantas
<i>Número de emisor por planta</i>	0.17
<i>Tiempo de Aplicación (Ta)</i>	1.80 h/día
Relación Suelo – Agua	
<i>Lámina máxima retenida en el Suelo (LM)</i>	100 mm
<i>Lámina neta o dosis neta de riego (LN)</i>	60 mm
<i>Lámina bruta o dosis bruta de riego (LB)</i>	67 mm
Marco de Plantación (Siembra en Doble Surco)	
<i>Separación entre Plantas</i>	1.5 m
<i>Separación entre surcos o hileras de Plantas</i>	1.5 m
<i>Ancho de Calles entre Doble Surco</i>	3.5 m
Distribución de la Red según Marco de Plantación	
<i>Separación entre Microaspersores sobre el Lateral</i>	5 m
<i>Separación del primer Microaspersor en el Lateral</i>	2.5 m
<i>Número de Microaspersores en cada Lateral</i>	8
<i>Separación entre Laterales sobre tubería Terciaria</i>	5m
<i>Separación del primer Lateral sobre la Terciaria</i>	2.5 m
<i>Número de Laterales en Tubería Terciaria</i>	16
<i>Longitud de Tubería Conductora</i>	41 m
<i>Longitud de Tubería Terciaria</i>	42 m
<i>Longitud de Tubería Lateral</i>	42 m

Fuente: Propio.

Por la forma en que trabajan los Microaspersores (presión y caudal) y la disposición de la red de distribución del sistema, se obtiene un mínimo traslape entre las áreas de mojado de dichos emisores. Si éstos funcionaran a una mayor

presión, los traslapes serían mayores afectando la uniformidad o distribución del agua de riego en el suelo. (Ver: Plano 3 – Anexo VI: Planos).

La intensidad de aplicación del Microaspersor es de 3.2 mm/h inferior a la infiltración básica del suelo de 15 mm/h, que según el tiempo de riego ya establecido no se presentarían problemas de encharcamiento, escorrentía o infiltración profunda.

El riego será efectuado por sectores. Cada tubería terciaria regará un sector demandando un caudal de 2.332 lps o bien 37 gpm. Si regáramos los dos sectores de riego de una sola vez, el caudal requerido en la tubería conductora sería de 74 gpm (la sumatoria de los caudales de las dos tuberías terciaria del sistema), superior a los 60 gpm disponibles del pozo.

5.1.2 Diseño Hidráulico

Tabla 13. Resultados del Diseño Hidráulico	
Dimensiones de las Tuberías	
Lateral (PE)	
Longitud	42 m
Diámetro	13.2 mm
Terciaria (PVC SDR41)	
Longitud	42 m
Diámetro	40 mm
Conductora (PVC SDR41)	
Longitud	41 m
Diámetro	50 mm
Caudales en las Tuberías	
Lateral	524.8 lph
Terciaria	8,396.8 lph
Conductora	8,396.8 lph
Régimen de Presiones	
Laterales	
Pérdida de Carga (h _{fl})	2.18 m
Presión a la entrada (h _l)	12 m
Presión Mínima (h _n)	9.06 m

<i>Diferencia de presión en la tubería (Δh)</i>	<i>2.94 m</i>
<i>Terciarias</i>	
<i>Pérdida de Carga (H_{fl})</i>	<i>1.69 m</i>
<i>Presión a la entrada (H_I)</i>	<i>13.65 m</i>
<i>Presión Mínima (H_n)</i>	<i>11.20 m</i>
<i>Diferencia de presión en la tubería (ΔH)</i>	<i>2.45 m</i>
<i>Conductora</i>	
<i>Pérdida de Carga (H_{fc})</i>	<i>1.21 m</i>
<i>Presión a la entrada (H_c)</i>	<i>14.18 m</i>
<i>Equipo Motobomba</i>	
<i>Altura Manométrica Total o Carga Total Dinámica (H_T)</i>	<i>24.78 m</i>
<i>Potencia Absorbida por la Bomba (HP_B)</i>	<i>1.00 HP</i>
<i>Potencia del Motor (P_m)</i>	<i>1.20 HP</i>

Fuente: Propio.

Se han determinado las dimensiones de los componentes del sistema de riego en relación con las variables hidráulicas para su funcionamiento, con el fin de minimizar los costos en infraestructura (materiales y equipo de riego) y aplicar el agua de la mejor forma posible.

Al equipo motobomba se le demanda una potencia de 1.20 Hp, valor relativamente bajo a saber que, el diseño es proyectado para un área pequeña (1 Mz) y que este tipo de riego localizado no requiere de presiones tan elevadas para el funcionamiento de sus emisores.

5.1.3 Costos de producción por manzana del cultivo del Plátano implementándole riego por Microaspersión.

Tabla 14. Costos de Producción de Plátano Variedad (Cuerno Enano) con Riego por Microaspersión	
Descripción	Costo (C\$)
<i>Insumos (Semilla, material para labores culturales, Fertilizantes y Plaguicidas)</i>	23 ,102.70
<i>Mano de Obra (Labores culturales para el cultivo)</i>	21,260.00
<i>Riego (Infraestructura, operación y mantenimiento)</i>	44, 936.30
Gran Total	89,299.00
Ingresos de Venta	119,168.00
Ganancia Neta anual 12 meses	29,869.00

Fuente: Propio.

Nota: Este cuadro muestra los costos de producción y las utilidades realizados para el primer año. En el segundo y tercer año de explotación del cultivo y sistema de riego, las utilidades serán mayores, ya que en el primer año se recupera lo que el productor invirtió en la infraestructura e instalación del sistema de riego, lo que provocó una alta inversión inicial.

Los detalles de los costos de los insumos, mano de obra y gastos por concepto de riego que determinan el costo total de producción por manzana del cultivo bajo riego se presentan en el Anexo V al final del documento.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

1. El estudio de las condiciones edafoclimáticas de la zona refleja que la finca La Porfía es un lugar apto para el establecimiento del cultivo de plátano, contando con un suelo de textura franco arcilloso y con un recurso agua que según análisis en laboratorio y su posterior evaluación no ocasionará problemas de salinidad.
2. En el diseño agronómico se estableció un arreglo de la red de tuberías y de los Microaspersores en dependencia del marco de plantación del cultivo; lográndose una buena distribución del agua sobre el terreno al crear franjas de mojado a lo largo de cada doble surco, aplicándole de esta forma al cultivo sus necesidades hídricas que en su período de máxima demanda corresponden a 7.2 mm/día, por lo que se deberá suministrar una dosis de 20 lts/planta/día en un tiempo de riego de 1.8 horas al día.
3. El Microaspersor utilizado para regar trabaja a una presión de 10 m.c.a aportando un caudal de 65.6 lph y con una intensidad de aplicación de 3.2 mm/h, inferior a la infiltración básica del suelo, evitando así, pérdidas de agua ya sea por escorrentía o infiltración profunda.
4. En las condiciones más críticas del sistema se han establecido las presiones a la entrada de las diversas tuberías, de manera que la conductora necesita alrededor de 20 psi a su entrada con un caudal de 2.332 lps y manifestándose diferencias de presiones tanto en los laterales como en las terciarias próximas a los 3 m.c.a (aproximadamente 4 psi), lográndose así una buena distribución de presiones en la subunidad de riego para la aplicación del caudal nominal de los Microaspersores.

5. La potencia exigida al equipo motobomba para que proporcione la presión necesaria a la entrada de las tuberías y vencer las pérdidas de carga en el sistema es de 1.2 HP.

6. Los costos de producción por manzana del cultivo del plátano ascienden a los C\$ 89,299 como resultado de la inversión inicial en infraestructura de riego adicionada a los gastos en la ejecución de las labores culturales del cultivo. A pesar de que esta inversión es alta en el primer año, el productor obtiene utilidades de aproximadamente C\$ 30,000, que en los años posteriores será mayor por contar ya con las instalaciones del sistema.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

1. Realizar con mucho cuidado las labores culturales referentes al control de malezas y deshije, ante el riesgo de romper o cortar los laterales de riego tendidos sobre el terreno.
2. Para evitar obstrucciones en la red de riego por la presencia de microorganismos, material sólido en suspensión o sales precipitadas, que pueden generar problemas de funcionamiento, se debe realizar, periódicamente, un lavado mecánico del sistema abriendo los finales de las tuberías terciarias y laterales, mientras se mantiene abierto el riego.
3. En los filtros de malla, se deberá efectuar un lavado de la malla cuando el manómetro indique una caída de presión igual o mayor a 3 m.c.a. Este lavado se efectúa destapando el filtro y sacando la malla para limpiarla con un cepillo y agua a presión.
4. En lo que respecta a la bomba: Revisar su funcionamiento, ruidos, vibraciones, etc., además de leer las instrucciones de operación y mantenimiento y preguntar al instalador las presiones nominales antes de ponerla en marcha.
5. Asegurarse de que la aspiración se encuentra llena de agua (cebado de la bomba). Si no es así, llenar la aspiración mediante la válvula situada en la tubería del cabezal de riego y cerrar la llave para evitar la entrada de aire.
6. Asegurarse de que las válvulas manuales de control de riego y la de la red de distribución están en su posición normal de trabajo para que el sistema funcione correctamente.
7. En la red de distribución, evitar apertura y cierre brusco de las válvulas (así se evitará el golpe de ariete).
8. Realizar al menos semestralmente un chequeo general de las ventosas (válvulas de aire) de la red de distribución.

CAPITULO VII: BIBLIOGRAFÍA

- Amalia Maroto & Jorge Bartolomé - Curso de Riego para Agricultores - Proyecto de autogestión del agua en la agricultura – (WWF & Uso Eficiente del Agua en la Agricultura – Life Medioambiente) - Palermo, S.L. – 2005.
- Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA) – Guía Técnica Cultivo de Plátano – El Salvador - 2002.
- Curso de Riego para Regantes-José Luis Fuentes-Mundi-Prensa, España-2002.
- Dr. Antonio Jordán López - Manual de Edafología -Universidad de Sevilla-2009-2010.
- Dr. Rodolfo Cisneros-Apuntes de la Materia de Riego y Drenaje-Universidad Autónoma de San Luis Potosí – México-2003.
- FAO – Estudio FAO Riego y Drenaje No 56- Evapotranspiración del Cultivo-Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos – Roma - 2006.
- FEDARES - Estudio técnico y de mercado del plátano - El Salvador -2002.
- Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.
- IICA - Estudio de la Cadena Agroindustrial del Plátano – Oficina Nicaragua – 2009.
- IICA - Estudio de la Cadena Agroindustrial del Plátano – Nicaragua – 2004.
- Ing. Leonardo A. Marcelino - Agr. Vilma González & Agr. Domingo Ríos - Manual de Recomendaciones Técnicas para el Cultivo Tecnificado de Plátano (Musa paradisiaca L.) - Panamá – 2004.
- Ing. Jesús Rodrigo López - Riego Localizado-Apuntes de Clase - Universidad de La Laguna, Canarias - España-2010.
- Ing. José Mamerto Méndez – Guía de Practicas de Campo y Laboratorio de la Asignatura Fundamentos del Suelo – Universidad Nacional de Ingeniería – Nicaragua – 2011.
- Ing. Julián Carrazón Alocén - Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego - Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) – Honduras - 2007.
- Ing. Rubén Vázquez Castrejon (CESAVECOL). & Ing. Alberto Romero Cadena & Ing. Jesús Figueroa Viera (Distrito de Desarrollo Rural 02, Tecomán) - Paquete Tecnológico para el cultivo del Plátano- Gobierno del Estado de Colima-México-2005.

- Ing. Martin Ever Tola Sumi- Diseño agronómico e hidráulico de sistemas de riego presurizado, en tres fincas modelo para la producción de quinua orgánica en el departamento de Oruro – Bolivia – 2010.
- Isaac Maldonado I. & Luisa Villablanca Fuentes - Manual de Riego y Drenaje - Guía del I Extensionista - Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chillán, Chile – 2001.
- Leoncio Martínez B. & José María Peralta – Conceptos de Riego Localizado – Boletín INIA N° 22 – Temuco, Chile – 2000.
- MSc. Francisco Blanco Beteta & MSc. Mauricio Carcache Vega – Análisis multisectorial para identificar brechas tecnológicas y retos para el desarrollo del sector musáceas en Nicaragua- Nicaragua – 2007.
- Ministerio De Fomento, Industria y Comercio (MIFIC) – Ficha Plátano -Nicaragua – 2009.
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) - Sub Programa desarrollo y reactivación del riego para contribuir a la seguridad alimentaria en Nicaragua – Nicaragua – 2008.
- MUSALAC & Bioversity International - Guía Práctica para la producción de plátano con altas densidades - FE Rosales & JM Álvarez – Costa Rica - 2010-2011.
- Palencia-Gómez & Martín- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA) – Manejo Sostenible del Cultivo del Plátano – Colombia – 2006.
- Proyecto de Modernización de Los Servicios de Tecnología Agrícola, PROMOSTA - El cultivo del plátano (*Musa paradisiaca*) - Guías Tecnológica De Frutas Y Vegetales - Costa Rica – 2005.
- Rafael Fernández Gómez - Manual de riego para agricultores- Consejería de Agricultura y Pesca - Sevilla - 2010.
- Raúl Ferreyra & Gabriel Sellés & Agustín Pimstein Diseño, Manejo y Mantenimiento de Equipos de Riego Localizado de Alta Frecuencia – Boletín INIA N° 35 – Chile - 2007.
- Ricardo Lardizábal - Manual de Producción de Plátano de Alta Densidad - Honduras - 2007.

- Virgilio Plana Arnaldos - Manejo y Mantenimiento de Instalaciones de Riego Localizado- Consejería de Agricultura y Agua Centro Integrado de Formación y Experiencias Agrarias de Lorca, Murcia - España – 2008.

Páginas Web:

- http://www.infoagro.com/frutas/frutas_tropicales/platano.htm
- http://bananas.bioversityinternational.org/files/files/pdf/publications/altas_densidades.pdf
- http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/2006718101120_Cartilla%20sobre%20el%20Cultivo%20de%20platano.pdf
- www.exactas.unlpam.edu.ar/academica/catedras/.../A_G_UA04.htm
- <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25423.pdf>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Conductividad_el%C3%A9ctrica
- www.lenntech.es/ph-y-alcalinidad.htm
- <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/Cultivodelplano.pdf>
- [http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_TOLA%20Sumi%20Martin%20Ever%20DISENO%20AGRONOMICO%20E%20HIDRAULICO\(Agr\).pdf](http://www.infoquinua.bo/fileponencias/a_TOLA%20Sumi%20Martin%20Ever%20DISENO%20AGRONOMICO%20E%20HIDRAULICO(Agr).pdf)
- <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6960/6/TEORIA.pdf>
- <http://www.zamorano.edu/gamis/frutas/platano.pdf>
- <http://www.mific.gob.ni/LinkClick.aspx?fileticket=MFssfeU0ZzQ%3D&tabid=339&language=en-US>
- webiica.iica.ac.cr/prensa/boletines/nicaragua/
- www.carm.es/.../integra.servlets.BlobNoContenido?...Manejo...mante...
- http://regantespozoalcon.com/archivos_subidos/Documentos/Texto_Completo_1_Manejo_y_maniones_de_riego_localizado.pdf
- http://www.oni.escuelas.edu.ar/2003/ENTRE_RIOS/26/sisriego/Microasp.htm
- <http://www.magfor.gob.ni/prorural/programasnacionales/perfilessub/riego.pdf>
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Musa_\(planta\)](http://es.wikipedia.org/wiki/Musa_(planta))
- http://www.icia.es/icia/download/suelosyriegos/Ritter_CanariasAgr_y_Pesq.pdf
- <http://www.eiag.edu.ni/Pwebs/Carreras/FRUTYWEB/CONFERENCIAS%202011/UNIDAD%20II.%20Musaceas/Materiales%20Musaceas/Paquete%20tecnologico%20del%20cultivo%20del%20P%C3%A1tano.pdf>

- <http://www.enacal.com.ni/media/imgs/informacion/ABCdelAgua1.pdf>
- http://regantespozoalcon.com/archivos_subidos/Documentos/Texto_Completo_1_Manejo_y_maniones_de_riego_localizado.pdf
- http://www.mcahonduras.hn/documentos/PublicacionesEDA/Manuales%20de%20produccion/EDA_Manual_Produccion_Platano_05_07.pdf
- http://assets.wwf.es/downloads/curso_de_riego_definitivo.pdf
- http://www.pesacentroamerica.org/biblioteca/manual_de_riego.pdf
- <http://es.scribd.com/doc/62943031/Manual-Riego-y-Drenaje>
- <http://www.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25423.pdf>

CAPITULO VIII: ANEXOS

ANEXO I. TABLAS Y CATÁLOGOS

- **Coeficientes Kc recomendado por la FAO para ser utilizados utilizando la evapotranspiración de referencia calculada por Penman-Monteith.**

Autor	Inicial	Desarrollo			Cosecha	Total
		Inicio	Medio	Tardío		
FAO (Doorembos y Kassan-1979)	0.4-0.5	0.7-0.85	1.0-1.1	0.9-1.0	0.75-0.85	0.7-0.8
FAO (Allen et al 1998)	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0

Fuente: Monografía: Necesidades hídricas del Banano y el Plátano. Dr. Ing. Esteban Peña. Centro Universitario de las Tunas- 2005.

- **Profundidad radicular efectiva de los cultivos más comunes**

Cultivo	Profundidad efectivo (cm)	Cultivo	Profundidad efectivo (cm)
Banana	50 -90	Repollo	40 – 50
Melón	100 -150	Pepino	70 -120
Cítricos	120 – 150	Otras Hortalizas	30 – 60
Olivo	100 – 150	Frijol	50 – 90
Vid	75 – 180	Otras Leguminosas	50 – 125
Otros frutales	100 – 200	Maíz	75 – 160
Fresa	20 -30	Cereales	60 – 150
Cebolla	30 – 75	Alfalfa	90 – 180
Pimiento, tomate	40 – 100	Otros pastos	60 – 100
Piña	30 – 60	Palma	70 – 110
Chile	50 – 100	Papa	40 – 60
Sorgo	100 – 200	Camote	100 – 150

Fuente: Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego-Ing. Julián Carrazón Alocén- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA)-Honduras, 2007.

➤ Coeficientes de Christiansen

n	$l_o = 1$					n	$l_o = 1/2$				
	$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$		$\beta=1,75$	$\beta=1,80$	$\beta=1,85$	$\beta=1,90$	$\beta=2,00$
1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	0,650	0,644	0,639	0,634	0,625	2	0,532	0,525	0,518	0,512	0,500
3	0,546	0,540	0,535	0,528	0,518	3	0,455	0,448	0,441	0,434	0,422
4	0,497	0,491	0,486	0,480	0,469	4	0,426	0,419	0,412	0,405	0,393
5	0,469	0,463	0,457	0,451	0,440	5	0,410	0,403	0,397	0,390	0,378
6	0,451	0,445	0,435	0,433	0,421	6	0,401	0,394	0,387	0,381	0,369
7	0,438	0,432	0,425	0,419	0,408	7	0,395	0,338	0,381	0,375	0,363
8	0,428	0,422	0,415	0,410	0,398	8	0,390	0,383	0,377	0,370	0,358
9	0,421	0,414	0,409	0,402	0,391	9	0,387	0,380	0,374	0,367	0,355
10	0,415	0,409	0,402	0,396	0,385	10	0,384	0,378	0,371	0,365	0,353
11	0,410	0,404	0,397	0,392	0,380	11	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351
12	0,406	0,400	0,394	0,388	0,376	12	0,380	0,374	0,367	0,361	0,349
13	0,403	0,396	0,391	0,384	0,373	13	0,379	0,372	0,366	0,360	0,348
14	0,400	0,394	0,387	0,381	0,370	14	0,378	0,371	0,365	0,358	0,347
15	0,397	0,391	0,384	0,379	0,367	15	0,377	0,370	0,364	0,357	0,346
16	0,395	0,389	0,382	0,377	0,365	16	0,376	0,369	0,363	0,357	0,345
17	0,393	0,387	0,380	0,375	0,363	17	0,375	0,368	0,362	0,356	0,344
18	0,392	0,385	0,379	0,373	0,361	18	0,374	0,368	0,361	0,355	0,343
19	0,390	0,384	0,377	0,372	0,360	19	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343
20	0,389	0,382	0,376	0,370	0,359	20	0,373	0,367	0,360	0,354	0,342
22	0,387	0,380	0,374	0,368	0,357	22	0,372	0,366	0,359	0,353	0,341
24	0,385	0,378	0,372	0,365	0,355	24	0,372	0,365	0,359	0,352	0,341
26	0,383	0,376	0,370	0,364	0,353	26	0,371	0,364	0,358	0,351	0,340
28	0,382	0,375	0,369	0,363	0,351	28	0,370	0,364	0,357	0,351	0,340
30	0,380	0,374	0,368	0,362	0,350	30	0,370	0,363	0,357	0,350	0,339
35	0,378	0,371	0,366	0,359	0,347	35	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338
40	0,376	0,370	0,364	0,357	0,345	40	0,368	0,362	0,355	0,349	0,349
50	0,374	0,367	0,361	0,355	0,343	50	0,367	0,361	0,354	0,348	0,337
60	0,372	0,366	0,359	0,353	0,342	100	0,365	0,359	0,353	0,347	0,335
80	0,370	0,363	0,357	0,351	0,340	200	0,365	0,358	0,352	0,346	0,334
100	0,369	0,362	0,356	0,350	0,338	-	-	-	-	-	-
150	0,367	0,360	0,354	0,348	0,337	-	-	-	-	-	-
300	0,365	0,359	0,353	0,346	0,335	-	-	-	-	-	-
>300	0,364	0,357	0,351	0,345	0,333	-	-	-	-	-	-
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> n = Número de salidas $\beta=1,75$ Blasius, Cruciani-Margaritora $\beta=1,786$ Scimemi $\beta=1,80$ Iso, Veronese-Daite $\beta=1,85$ Hazen-Williams $\beta=1,90$ Scobey $\beta=2,00$ Manning, Darcy-Weisbach </div> <div> En la práctica se toma los siguientes valores de β : $\beta=1,75$ para tuberías de PE $\beta=1,80$ para tubería de PVC $\beta=1,85-1,90$ para tubería de aluminio </div> </div>											

Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.

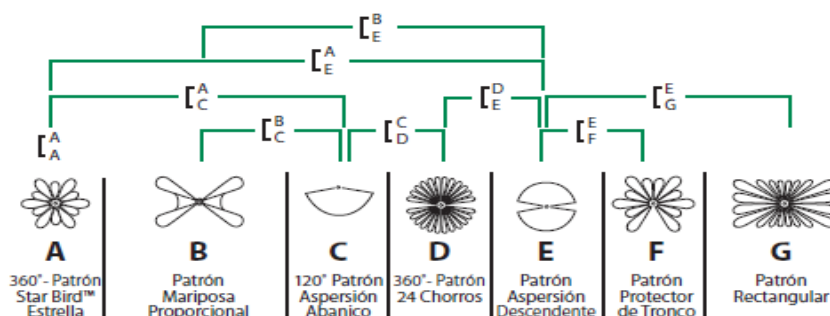
Coeficiente de Christiansen - ocwus








ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y.../tutorial_39.htm

http://ocwus.us.es/ingenieria-agroforestal/hidraulica-y riegos/temario/Tema%202. Conducciones %20forzadas/tutorial_39.htm

➤ Catálogo de Especificaciones Técnicas del Microaspersor Micro-Quick
Sprays QN-24

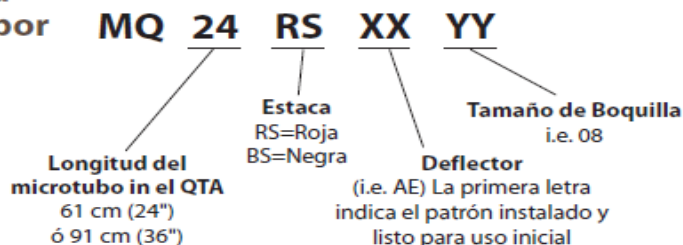
Unidades
Métricas



MODELO (Boquilla)	Presión (bar)	Caudal (l/h)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Anchura (m)	Radio (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Diámetro (m)	Longitud (m)	Anchura (m)
 QN-05 0.66 mm Q1080005	0.75	13.8	2.6	2.4	2.3	1.2	2.4	0.9	3.0	2.7	1.80
	1.00	17.2	2.9	3.0	2.6	1.4	2.9	0.9	3.3	3.0	2.00
	1.50	19.8	3.3	3.3	2.7	1.6	3.2	0.9	3.6	3.3	2.10
	1.75	22.3	3.4	3.5	2.9	1.6	3.4	0.9	3.8	3.6	2.25
	2.00	24.5	3.5	3.7	3.0	1.7	3.4	0.9	4.0	4.0	2.40
 QN-08 0.84 mm Q1080008	0.75	21.0	3.7	3.0	2.3	1.4	2.9	0.9	3.8	3.6	2.1
	1.00	26.3	3.8	3.5	2.6	1.5	3.3	0.9	4.1	4.1	2.4
	1.50	30.1	4.3	3.8	2.9	1.7	3.8	0.9	4.2	4.6	2.7
	1.75	34.6	4.4	3.8	2.9	1.8	4.0	0.9	4.2	5.0	3.01
	2.00	37.8	4.5	4.0	3.0	2.0	4.2	0.9	4.4	5.4	3.2
 QN-12 0.96 mm Q1080018	0.75	27.6	5.1	3.4	2.9	1.4	3.3	0.9	4.4	4.6	2.4
	1.00	34.5	5.3	4.0	3.0	1.6	3.7	0.9	4.7	5.0	2.7
	1.50	40.0	5.4	4.4	3.2	1.9	4.0	0.9	4.9	5.4	2.9
	1.75	44.7	5.5	4.6	3.5	2.0	4.8	0.9	5.1	6.2	3.2
	2.00	49.9	5.5	4.7	3.7	2.1	5.3	0.9	5.3	7.0	3.3
 QN-14 1.12 mm Q1080014	0.75	36.5	5.8	4.0	3.0	1.5	3.6	0.9	5.0	4.7	2.6
	1.00	44.6	6.1	4.9	3.5	1.7	4.2	0.9	5.3	5.3	2.9
	1.50	52.0	6.3	5.2	3.7	1.8	5.0	0.9	5.6	5.9	3.0
	1.75	58.7	6.3	5.5	3.8	1.9	5.5	0.9	5.9	6.7	3.3
	2.00	65.0	6.4	5.8	4.0	2.1	6.1	0.9	6.2	7.3	3.5
 QN-17 1.22 mm Q1080017	0.75	40.5	6.4	4.6	3.2	1.8	4.0	0.9	5.1	4.9	2.7
	1.00	50.5	6.7	5.2	3.7	1.8	4.5	0.9	5.6	5.6	3.0
	1.50	58.5	6.9	5.8	3.8	1.9	5.5	0.9	6.1	6.2	3.2
	1.75	65.9	7.0	6.1	4.0	2.0	6.0	0.9	6.5	7.0	3.3
	2.00	72.3	7.1	6.4	4.1	2.1	6.8	0.9	7.0	7.6	3.7
 QN-24 1.45 mm Q1080024	0.75	53.9	7.1	4.9	3.5	2.0	4.6	0.9	5.4	5.6	3.3
	1.00	65.6	7.8	5.5	3.8	2.2	5.1	0.9	6.1	6.2	3.7
	1.50	76.0	8.2	5.9	4.0	2.2	6.3	0.9	6.5	6.7	3.9
	1.75	84.9	8.5	6.4	4.1	2.3	7.0	0.9	7.1	7.3	4.1
	2.00	98.4	8.5	6.7	4.3	2.3	7.3	0.9	7.6	7.7	4.2
 QN-33 1.73 mm Q1080033	0.75	65.1	7.6	5.5	3.4	2.3	5.4	0.9	5.8	6.4	3.9
	1.00	79.5	7.9	6.4	4.0	2.5	5.8	0.9	6.4	6.9	4.2
	1.50	95.3	8.3	7.0	4.4	2.8	6.6	0.9	7.0	7.1	4.4
	1.75	105.7	8.4	7.3	4.6	2.9	7.1	0.9	7.6	7.6	4.7
	2.00	115.7	8.5	7.6	4.7	2.9	7.5	0.9	8.2	7.9	4.9

Filtro Recomendado (Mesh, Micrones): QN-05 (200, 74), QN-08 (170, 93), QN-12 (150, 105), QN-14 (130, 118), QN-17 (120, 125), QN-24 (100, 150), QN-33 (80, 180)

Especificación de la unidad
completamente montada por
número de modelo



➤ Catálogo de la Bomba Seleccionada para el Sistema de Riego por Microaspersión

LINEA ALTAPRESION

1515 HC /1515 HC-5

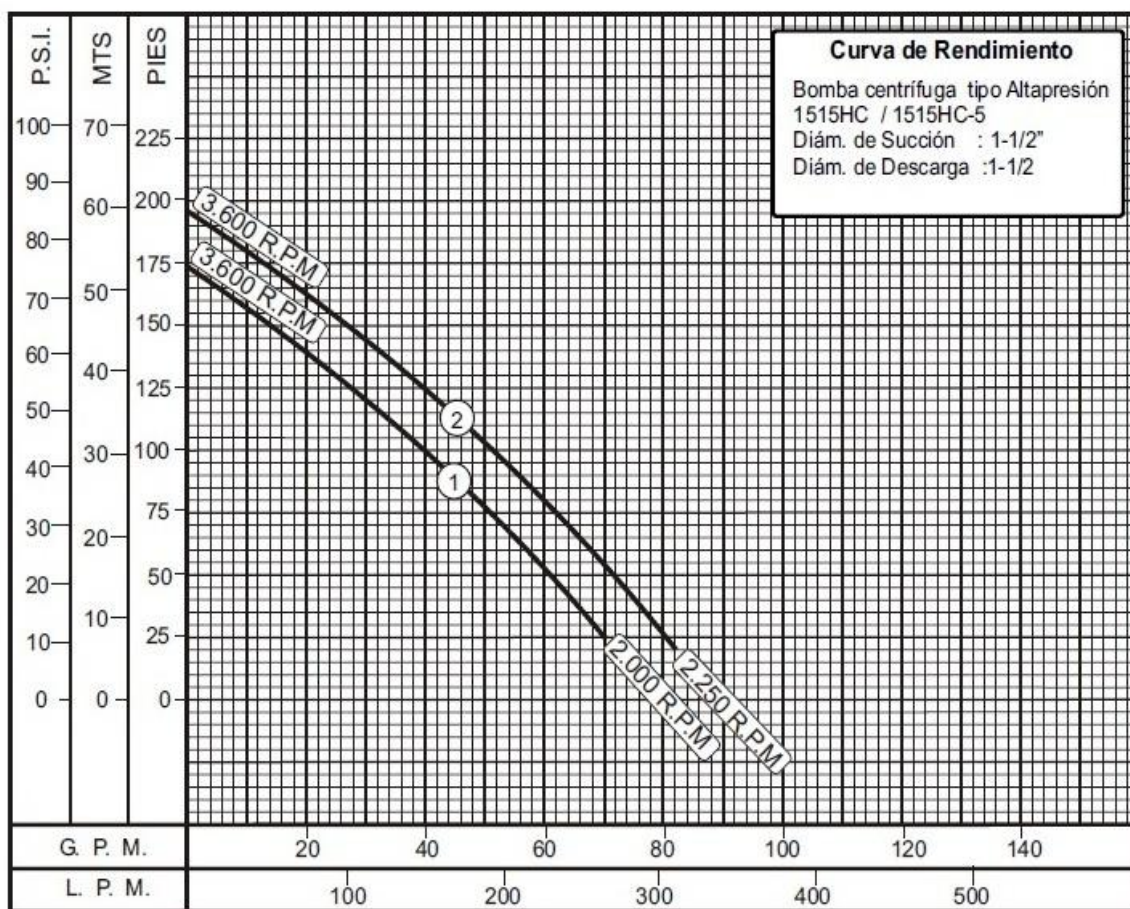


CARACTERISTICAS

- ◆ Bomba centrífuga de construcción monobloque fabricada en hierro fundido.
- ◆ Acoplada con motor a gasolina
- ◆ Diámetro de succión de 1-1/2" y descarga de 1-1/2"
- ◆ Impulsor cerrado fabricado en hierro fundido
- ◆ Temperatura máxima de operación 70°C

APLICACION

- ◆ Agricultura y ganadería
- ◆ Riego por aspersión
- ◆ En la industria y construcción
- ◆ Lavado a presión de maquinaria y establos

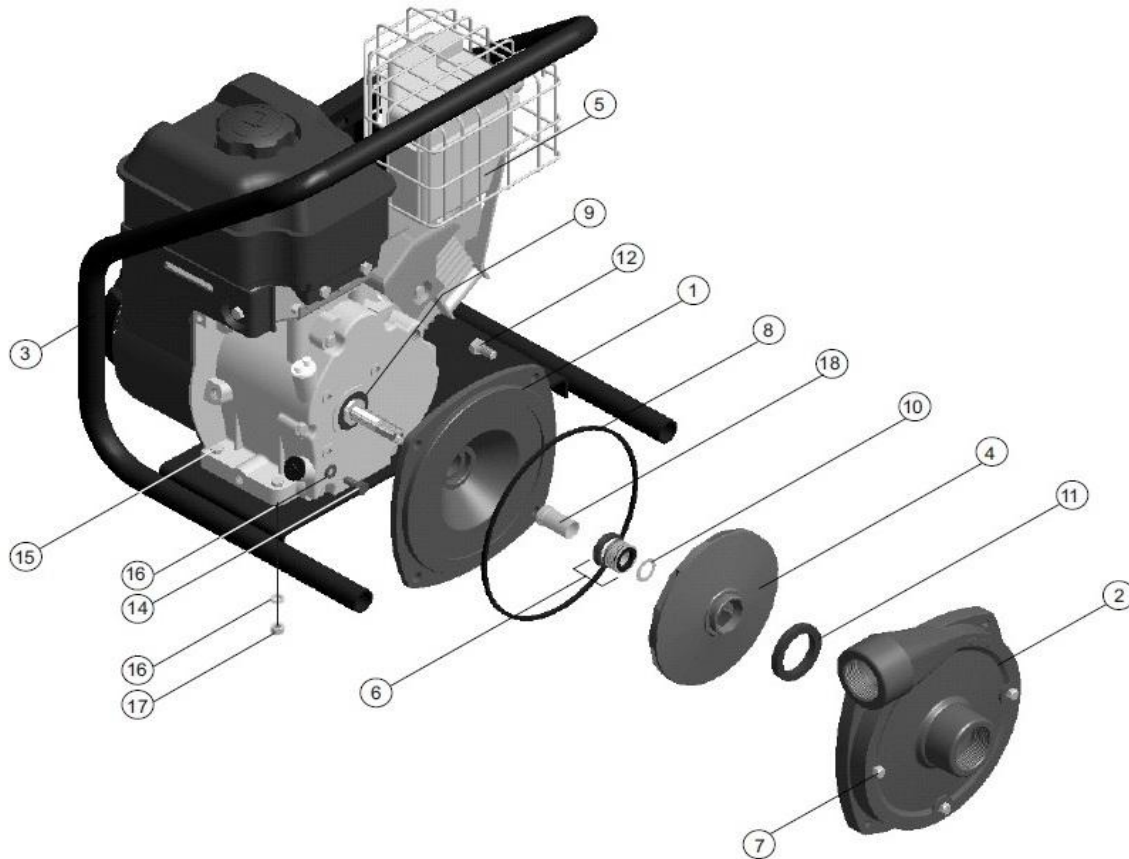


No	MODELO	HP	CONSUMO COMB.	DIA. IMP.	øSUCC.	øDESC.
1	1515 HC	3.5	0.24 GLS / HORA	6.300"	1-1/2"	1-1/2"
2	1515 HC-5	6.5	0.38 GLS / HORA	6.750"	1-1/2"	1-1/2"



LINEA ALTAPRESION

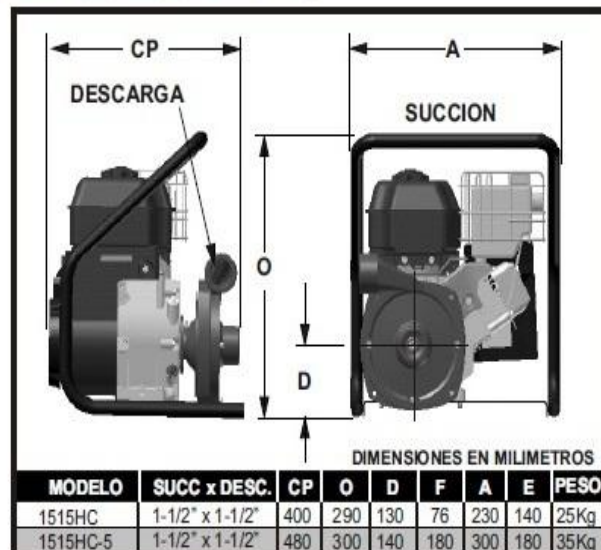
1515HC /1515HC-5



LISTA DE PARTES

No	DESCRIPCIÓN	REF.	CANTIDAD	
			HC	HC-5
1	ACOPLE EN HIERRO	19581	1	1
2	CUERPO EN HIERRO	31424	1	1
3	MANIJA PARIHUELA	01912	1	1
4	IMPULSOR ø6.300"	29630	1	
4	IMPULSOR ø6.750"	29675		1
5	MOTOR 3.5HP GASOLINA	18291	1	
5	MOTOR 6.5HP GASOLINA	18296		1
6	SELLO MECANICO 3/4"	15344	1	1
7	TAPON 1/8" NPT	03200	3	3
8	ANILLO CUADRADO	27265	1	1
9	ARANDELA DE CAUCHO	18878	1	1
10	ARANDELA 5/8" x 0.031"	16080	1	1
11	COPA "U"	20371	1	1
12	TORNILLO 3/8"x1"NC	02037	3	3
13	TORNILLO 3/8"x3/4"NC	02195	1	1
14	TORNILLO 5/16"x3/4"NF	02245	4	4
15	TORNILLO 5/16"x1-1/2" NC	18929	4	4
16	GUASA DE 5/16"	02602	8	8
17	TUERCA DE 5/16"	02501	4	4
18	CAMISA EN BRONCE	23750	1	1

DIMENSIONES GENERALES



➤ Materiales y Equipo para el Sistema de Riego.

Durman®

PROFORMA DENIC -2012-0129-1

CLIENTE: UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 PROYECTO: PRIVADO
 ATENCION: ING. JOSE MENDEZ
 DIRECCION: PRIVADO
 MAIL:

FECHA: 19/06/2012
 TELEFONO:
 FAX:

ITEM	CANTIDAD	COD. SAP	DESCRIPCION	PRECIO UNIT.	DESC	PRECIO UNIT.	PRECIO TOT.
	QTY		DESCRIPTION	PRICE US\$	%	PRICE US\$	EXTENDED US\$
1	10.00	2005579	TUBO PVC 50MM (2")X6MTS SDR41 CC GR	7.69	30.00%	5.38	53.80
2	15.00	2005572	TUBO PVC 38MM (1 1/2")X6MTS SDR41 CC GR	5.98	30.00%	4.19	62.85
3	10.00	2005920	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 50MM(2") BL	0.64	20.00%	0.51	5.10
4	2.00	2005915	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 25MM (1") BL	0.30	20.00%	0.24	0.48
5	8.00	2005880	CODO LISO PVC PRESS 50MM(2")X90 BL	1.07	20.00%	0.85	6.80
6	3.00	2005857	RED LI PVC PRES 50MM(2")X25MM(1") BL	0.68	20.00%	0.55	1.65
7	3.00	2005903	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRESS 25MM (1") BL	0.34	20.00%	0.27	0.81
8	2.00	2005906	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRESS 50MM(2") BL	0.64	20.00%	0.51	1.02
9	4.00	2005893	TE LISA PVC PRESS 50MM (2") BL	1.41	20.00%	1.13	4.52
10	2.00	2005889	TE LISA PVC PRES 25MM (1") BL	2.39	20.00%	1.91	3.82
11	2.00	2005846	RED LI PVC PRES 25MM(1")X12MM(1/2") BL	0.17	20.00%	0.14	0.28
12	3.00	2005901	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 12MM (1/2") BL	0.13	20.00%	0.10	0.30
13	1.00	9004602	REDUCCION HG 12MM(1/2")X1/4	1.71	15.00%	1.45	1.45
14	1.00	9005000	MANOMETRO GLICERINA 0-100 PSI	7.77	15.00%	6.61	6.61
15	2.00	9006601	VALVULA AIRE 25MM 1" AG	15.33	20.00%	12.27	24.54
16	3.00	9004375	LLAVE BOLA C/R PVC PRES 50MM (2") BL	6.41	20.00%	5.12	15.36
17	1.00	9004372	LLAVE BOLA C/R PVC PRES 25MM (1") BL	2.78	20.00%	2.22	2.22
18	3.00	2005859	RED LI PVC PRESS 50MM(2")X38MM(1-1/2) BL	0.68	20.00%	0.55	1.65
19	2.00	2005976	TAPON HEMBRA C/R PVC PRESS 50MM(2") BL	1.28	20.00%	1.02	2.04
20	2.00	2005918	ADAPTADOR MACHO PVC PRES 38MM (1 1/2")BL	0.51	20.00%	0.41	0.82
21	2.00	2005932	CODO LISO PVC PRES 38MM (1 1/2")X45 BL	0.81	20.00%	0.65	1.30
22	285.00	-	MICRO QUICK SPRAYS BOQ. QN-24	1.49	15.00%	1.27	361.95
		9006358	BOQUILLA QN24 ROJA P/MICROQUICK			-	-
		9006356	DEFLECTOR MICRO QUICK QD-DC RAIN BIRD			-	-
		9006493	ESTACA PARA MICRO QUICK QS-MQ RAIN BIRD			-	-
		9009200	KIT TUBO ALIMENTACION MICROQUICK QTA-24			-	-
23	5.00	2010938	PEGAMENTO PVC 1/8 GALON GR	4.10	5.00%	3.89	19.45
*****ULTIMA LINEA*****							

Notas:

- 1- Tiempo de entrega: Tubería y Accesorios de PVC Inmediato Salvo previa venta
 Item22 (12 días luego de Orden de compra)
 50% orden de Compra, 50% Entrega de material
- 2- Lugar de entrega: Nuestras Bodegas
- 3- Forma de pago: Efectivo y/o Certificado
- 4- Validez de la oferta: 5 Días
- 5- Observaciones: Somos Exentos del:

La oferta sólo incluye Suministro de Materiales, no se cotiza Instalación de los mismos
 1% de IR
 1% de la Alcaldía
 Favor realizar los cheques a nombre de: DURMAN ESQUIVEL INDUSTRIAL DE NICARAGUA,S.A

Item 13 y 14 favor confirmar cual es el que requieren

SUB TOTAL US	578.82
IVA	86.82
TOTAL US	665.64

Factura a nombre de
Leoncio Vanejos

Terminada la vigencia estipulada en la presente cotización, los precios son sujetos a reconfirmación al momento de autorizar por orden de compra y/o la misma oferta podrá invalidarse automáticamente si los precios internacionales varían

TRANSFERENCIAS BANCARIAS

BAC (C\$)	149 - 12549 - 2
BAC (US\$)	154 - 11807 - 2
BANCENTRO (C\$)	260200275

NUMERO RUC: J0310000005460

Elaborado por:
 Ing. Arlen María Salgado
 Responsable Riego de Jardín
 Dpto. Bombas
 Cel.: 898-898-49

Email: asalgado@durman.com

Expreso mi aceptación a lo anteriormente descrito: _____



TECNORIEGOS, S.A.

TECNORIEGOS, S.A.

Dir.: Texaco Momotombo 75 vrs. arriba, Carretera Norte,
Calle marginal, Managua, Nicaragua
Telefax: 2249-3221 / 2250-6169 • Planta Mov. 8396-0472
tecnoriegos@turbonett.com.ni

FACTURA

Nº 4248

RUC: 111206-9514

VENDIDO A: <u>José Méndez</u>		CREDITO <input type="checkbox"/> CONTADO <input checked="" type="checkbox"/>		
DIRECCION:		DÍA	MES	AÑO
O.C.No. <u>Zn-001.</u> AUTORIZA: TEL:		<u>23</u>	<u>06</u>	<u>12.</u>
CANTIDAD	DESCRIPCION	P. UNIT.	TOTAL	
1	Motobomba marca Barnes mod. 1515 Hc / 168 F, 1 1/2" x 1 1/2" 70 6pm @ 35 mts CTD 6.5 Hp Motor gasolina.	u\$ 405.00	u\$ 405.00	
1	Filtro de malla 2"	u\$ 45.00	u\$ 45.00	
36	Conectores pvc 16mm + emp	u\$ 0.30	u\$ 10.80	
20	Conectores 16mm x 16mm	u\$ 0.27	u\$ 5.40	
1,500	Mts Manguera PE 16mm	u\$ 0.20	u\$ 300.00	
<p><i>Pendiente de entrega.</i> <i>23/06/12.</i></p> <p>TECNORIEGOS, S.A. MANAGUA, NICARAGUA</p> <p>u\$ 20,723.30 T/O 23.5190</p> <p>CANCELADO</p>		SUB TOTAL	u\$ 766.20	
		DESC.	—	
		SUB-TOTAL	u\$ 766.20	
		I.V.A.	u\$ 114.93	
		TOTAL	u\$ 881.13	
NO ACEPTAMOS DEVOLUCION				

EL VALOR DE ESTA FACTURA QUEDA SUJETA A REAJUSTE AUTOMATICO EN EL MISMO PORCENTAJE QUE SE DAVALUE EL CORDOBA CON RESPECTO AL DOLAR U.S.A.
LAS FACTURAS A CREDITO DEVENGAN INTERES DEL 2% MENSUAL DESPUES DE LA FECHA DE VENCIMIENTO.

FAVOR HACER CHEQUE A NOMBRE DE TECNORIEGOS, S.A.

FIRMA DEL CLIENTE / RECIBIDO Y ACEPTADO

P A G A R E

YO _____ POR EL PRESENTE PAGARE A LA ORDEN, PAGARE A TECNORIEGOS LA CANTIDAD DE
C\$ _____, EN CASO DE INCUMPLIMIENTO AL PAGO, RECONOCERE(MOS) EL 5% MENSUAL A PARTIR DE LA FECHA DE VENCIMIENTO POR MORA SERA EL
MONTO TOTAL DE LA DEUDA HASTA EL TOTAL Y EFECTIVO PAGO.

Imp. Guadalupe Ruc 130646-3817 AIMP 2010/04/04/0062/4 10B. 50J. (3) N° 3751-4250 O.T. 2587 09/2011.

ANEXO II. RESULTADOS DE PRUEBAS DE CAMPO Y
LABORATORIO

➤ **Prueba de Infiltración en el Suelo**

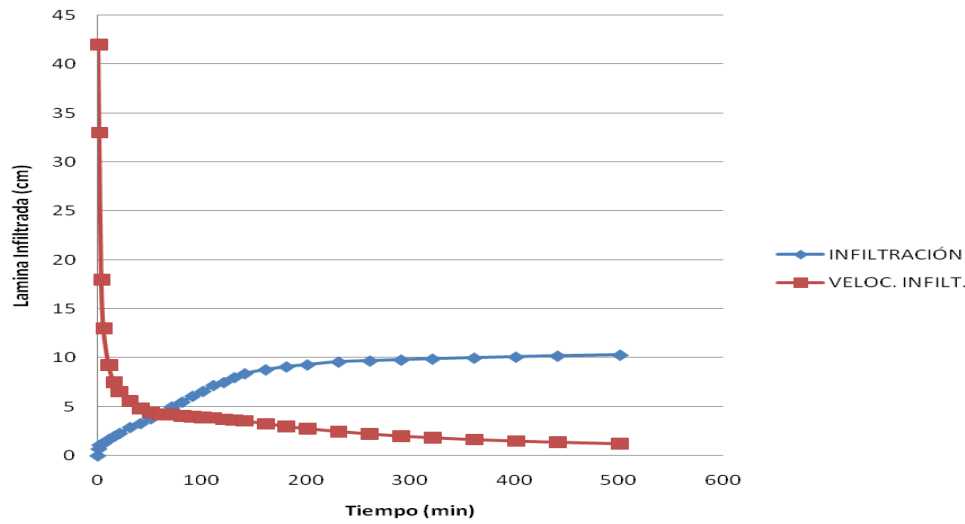
TABLA 2.1 PRUEBA INFILTRACIÓN - DATOS DE CAMPO							
Lugar : Finca La Porfía, Malpaisillo-León				Fecha: 31/03/12		Hora de Inicio : 01:40 p.m	
Hora	Lectura (cm)	Tiempo (min)		Lamina (cm)		Veloc. de Infiltración (cm/h)	
		Parcial	ACUM.	Parcial	ACUM.	Parcial	ACUM.
01:40	0.4	0	0	0	0	0	0
01:41	1.1	1	1	0.7	0.7	42	42.00
01:42	1.5	1	2	0.4	1.1	24	33.00
01:44	1.6	2	4	0.1	1.2	3	18.00
01:46	1.7	2	6	0.1	1.3	3	13.00
01:51	2.1	5	11	0.4	1.7	4.8	9.27
01:56	2.40	5	16	0.3	2	3.6	7.50
02:01	2.7	5	21	0.3	2.3	3.6	6.57
02:11	3.3	10	31	0.6	2.9	3.6	5.61
02:21	3.70	10	41	0.4	3.3	2.4	4.83
02:31	4.20	10	51	0.5	3.8	3	4.47
02:41	4.7/1.0	10	61	0.5	4.3	3	4.23
02:51	1.7	10	71	0.7	5	4.2	4.23
03:01	2.2	10	81	0.5	5.5	3	4.07
03:11	2.8	10	91	0.6	6.1	3.6	4.02
03:21	3.3	10	101	0.5	6.6	3	3.92
03:31	3.9	10	111	0.6	7.2	3.6	3.89
03:41	4.2/1.0	10	121	0.3	7.5	1.8	3.72
03:51	1.5	10	131	0.5	8	3	3.66
04:01	1.9	10	141	0.4	8.4	2.4	3.57
04:21	2.3	20	161	0.4	8.8	1.2	3.28
04:41	2.6	20	181	0.3	9.1	0.9	3.02
05:01	2.8	20	201	0.2	9.3	0.6	2.78
05:31	3.1	30	231	0.3	9.6	0.6	2.49
06:01	3.2	30	261	0.1	9.7	0.2	2.23
06:01	3.3	30	291	0.1	9.8	0.2	2.02
06:31	3.4	30	321	0.1	9.9	0.2	1.85
07:01	3.5	40	361	0.1	10	0.15	1.66
07:41	3.6	40	401	0.1	10.1	0.15	1.51
08:21	3.7	40	441	0.1	10.2	0.15	1.39
09:21	3.8	60	501	0.1	10.3	0.1	1.23

TABLA 2.3 PRUEBA DE INFILTRACIÓN - MÉTODO DE REGRESIÓN LINEAL SIMPLE

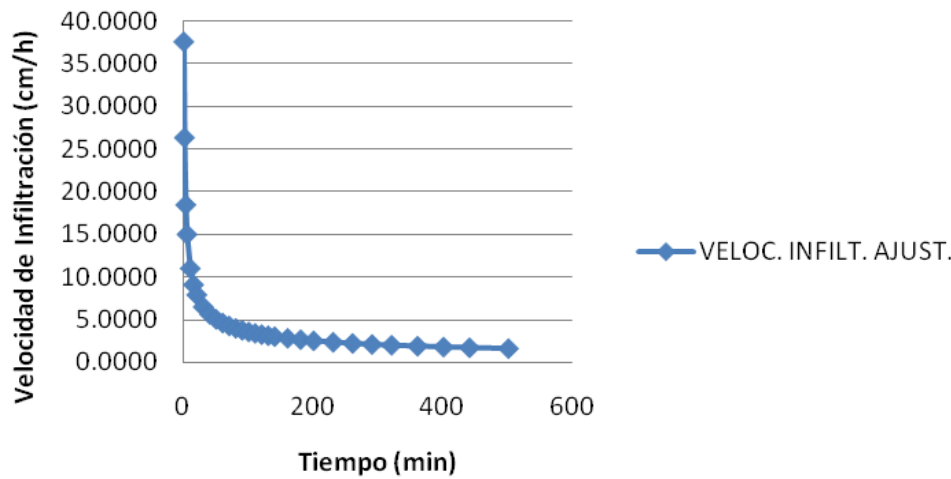
No.	T. ACUM (min)	INFILT. ACUM (cm/h)	log t : (X)	log I : (Y)	X²	Y²	XY
1	1	42.00	0.0000	1.6232	0.0000	2.6349	0.0000
2	2	33.00	0.3010	1.5185	0.0906	2.3059	0.4571
3	4	18.00	0.6021	1.2553	0.3625	1.5757	0.7557
4	6	13.00	0.7782	1.1139	0.6055	1.2409	0.8668
5	11	9.27	1.0414	0.9672	1.0845	0.9355	1.0072
6	16	7.50	1.2041	0.8751	1.4499	0.7657	1.0537
7	21	6.57	1.3222	0.8177	1.7483	0.6686	1.0811
8	31	5.61	1.4914	0.7492	2.2242	0.5613	1.1173
9	41	4.83	1.6128	0.6839	2.6011	0.4677	1.1030
10	51	4.47	1.7076	0.6504	2.9158	0.4230	1.1105
11	61	4.23	1.7853	0.6263	3.1874	0.3922	1.1181
12	71	4.23	1.8513	0.6259	3.4272	0.3917	1.1586
13	81	4.07	1.9085	0.6100	3.6423	0.3721	1.1642
14	91	4.02	1.9590	0.6044	3.8378	0.3653	1.1841
15	101	3.92	2.0043	0.5934	4.0173	0.3521	1.1893
16	111	3.89	2.0453	0.5902	4.1833	0.3483	1.2071
17	121	3.72	2.0828	0.5704	4.3380	0.3254	1.1881
18	131	3.66	2.1173	0.5640	4.4828	0.3181	1.1941
19	141	3.57	2.1492	0.5532	4.6191	0.3060	1.1890
20	161	3.28	2.2068	0.5158	4.8701	0.2661	1.1383
21	181	3.02	2.2577	0.4795	5.0971	0.2299	1.0826
22	201	2.78	2.3032	0.4434	5.3047	0.1966	1.0213
23	231	2.49	2.3636	0.3968	5.5867	0.1575	0.9379
24	261	2.23	2.4166	0.3483	5.8402	0.1213	0.8417
25	291	2.02	2.4639	0.3055	6.0708	0.0933	0.7527
26	321	1.85	2.5065	0.2673	6.2826	0.0714	0.6699
27	361	1.66	2.5575	0.2206	6.5408	0.0487	0.5643
28	401	1.51	2.6031	0.1793	6.7764	0.0322	0.4668
29	441	1.39	2.6444	0.1423	6.9931	0.0203	0.3763
30	501	1.23	2.6998	0.0912	7.2891	0.0083	0.2461
Σ			54.9870	18.9822	115.4691	15.9960	27.2431
		b1	Xpromd	Ypromd	bo	k	
		-0.5141	1.8329	0.6327	1.5751	37.5924	

TABLA 2.5 PRUEBA DE INFILTRACIÓN – RESULTADOS PARA LA COMPARACIÓN DE CURVAS		
Tiempo Acumulado (cm)	VELOC. INFILT. ACUM. (cm/h)	INFILT. AJUSTADA. (cm/h)
1	42.00	37.5924
2	33.00	26.3233
4	18.00	18.4324
6	13.00	14.9642
11	9.27	10.9577
16	7.50	9.0378
21	6.57	7.8586
31	5.61	6.4327
41	4.83	5.5714
51	4.47	4.9801
61	4.23	4.5422
71	4.23	4.2011
81	4.07	3.9260
91	4.02	3.6979
101	3.92	3.5049
111	3.89	3.3389
121	3.72	3.1940
131	3.66	3.0663
141	3.57	2.9525
161	3.28	2.7579
181	3.02	2.5967
201	2.78	2.4605
231	2.49	2.2907
261	2.23	2.1513
291	2.02	2.0343
321	1.85	1.9342
361	1.66	1.8209
401	1.51	1.7251
441	1.39	1.6428
501	1.23	1.5386
Infiltración básica = 1.5 cm/h		

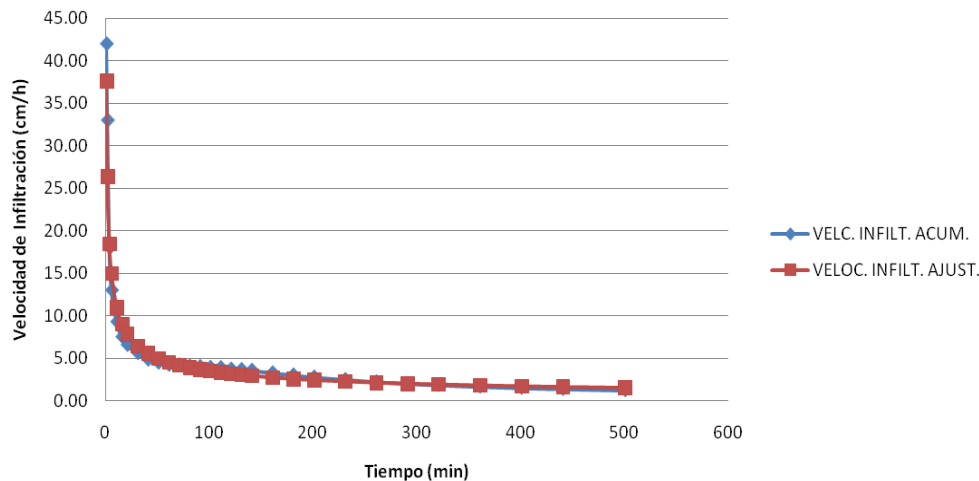
INFILTRACIÓN EN EL SUELO



Infiltración Ajustada



Curvas de Infiltración



➤ Resultados de Laboratorio del Análisis de Suelo y Agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
Departamento de Ingeniería Agrícola
LABORATORIO DE EDAFOLOGIA

RESULTADOS DE ANALISIS FISICO DE SUELO

Nombre: Jonathan Mayorga **Fecha de muestreo:** 31/03/12 **Nombre del lugar de muestreo:** Finca La Porfía
Localidad: Las Lomas **Municipio:** Malpaisillo **Departamento:** LEON
Tipo de muestra: Alterada.

ANALISIS

Fecha de ingreso: 02/04/2012 **Fecha de análisis:** 10/04/2012

Ítem	Código	Identificación	Cc (%)	PMP (%)	Da (gr/cm ³)	Dr (gr/cm ³)	Textura Bouyoucos			
							% Ar	%L	%A	
1	01	Finca La Porfía	26	14	1.39	2.13	33	38	29	Franco arcilloso

NOTA: Cc (Capacidad de Campo), PMP (Punto de Marchitez Permanente), Da (Densidad Aparente), Dr (Densidad Real).



Ing. Aldo Alvarado Munguía
Jefe Dpto. Ingeniería Agrícola



Ing. Víctor Zepeda Guevara
Administrador FTC



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCION
Departamento de Ingeniería Agrícola
LABORATORIO DE EDAFOLOGIA

RESULTADOS DE ANALISIS DE AGUA

Nombre: Jonathan Mayorga **Fecha de muestreo:** 15/04/12 **Nombre del lugar de muestreo:** Finca La Porfia
Localidad: Las Lomas **Municipio:** Malpaisillo **Departamento:** LEON
Tipo de muestra: Inalterada

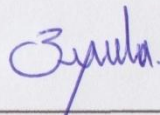
ANALISIS

Fecha de ingreso: 16/04/2012 **Fecha de análisis:** 17/04/2012

Ítem	Código	Identificación	pH	CE (mmhos/cm)
1	01	Finca La Porfia	7.41	0.194

NOTA: pH (Potencial Hidrogeno), CE (Conductividad Eléctrica)


Ing. Aldo Alvarado Munguía
Jefe Dpto. Ingeniería Agrícola


Ing. Víctor Zepeda Guevara
Administrador FTC



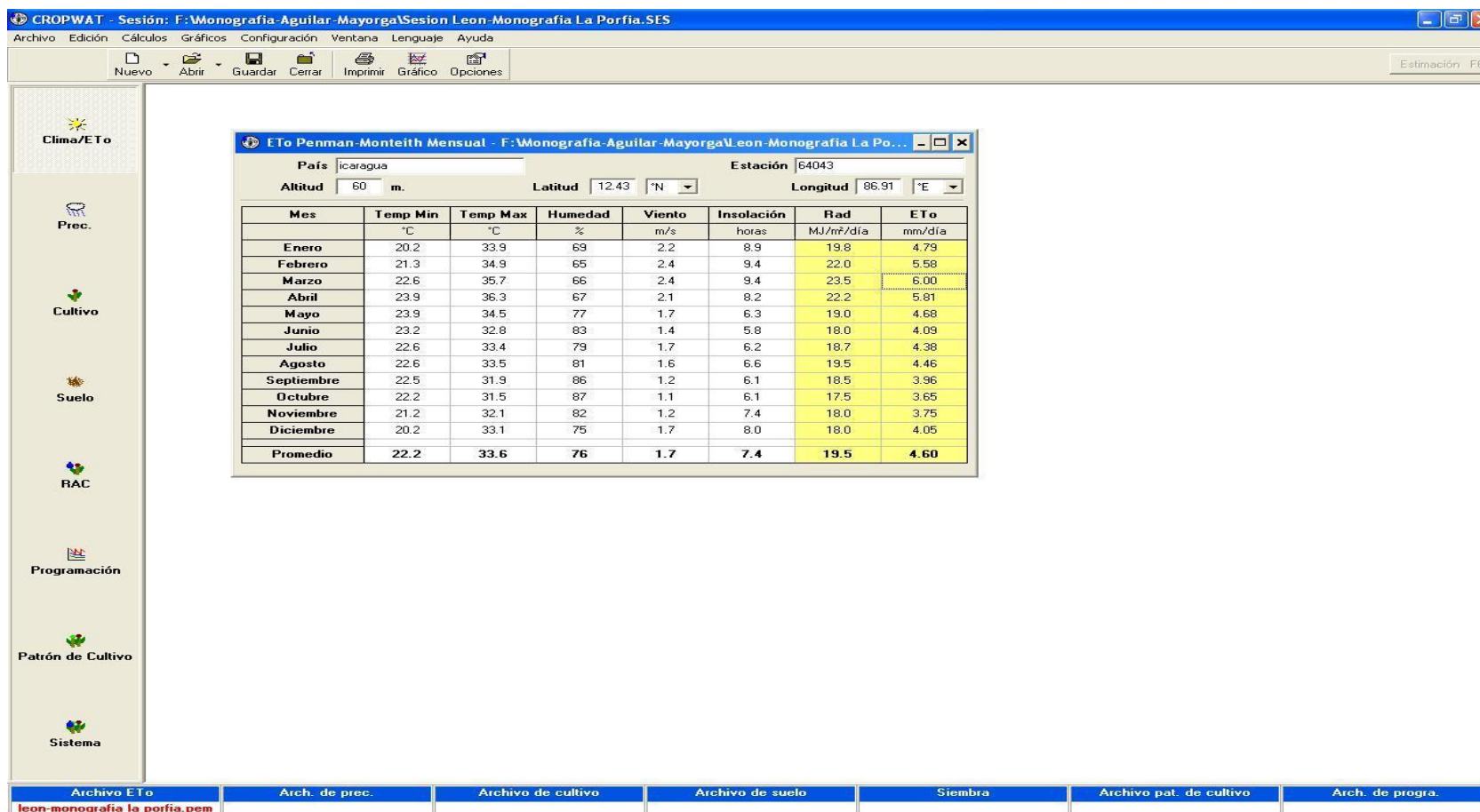
**ANEXO III. DETERMINACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE
REFERENCIA PARA EL CÁLCULO DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS
DEL CULTIVO.**

➤ **Resumen de los Datos Climatológicos**

Mes	Medias de Temp. Min (°C)	Medias Temp. Max (°C)	Humedades Medias (%)	Velc. Viento a 10m (m/s)	Velc. Viento a 2m (m/s)	Horas solar por día
Enero	20.2	33.9	69	3	2.2	8.9
Febrero	21.3	34.9	65	3	2.4	9.4
Marzo	22.6	35.7	66	3	2.4	9.4
Abril	23.9	36.3	67	3	2.1	8.2
Mayo	23.9	34.5	77	2	1.7	6.3
Junio	23.2	32.8	83	2	1.4	5.8
Julio	22.6	33.4	79	2	1.7	6.2
Agosto	22.6	33.5	81	2	1.6	6.6
Septiembre	22.5	31.9	86	2	1.2	6.1
Octubre	22.2	31.5	87	2	1.1	6.1
Noviembre	21.2	32.1	82	2	1.2	7.4
Diciembre	20.2	33.1	75	2	1.7	8.0
Promedio	22.2	33.6	76	2	1.7	7.37

Nota: Los valores promedios que se observan en la tabla se introducen como base de datos en el programa Cropwat 8.0 para determinara la Eto.

- Ventana del Programa Cropwat 8.0 presentando los resultados de la determinación de la evapotranspiración de referencia (Eto).

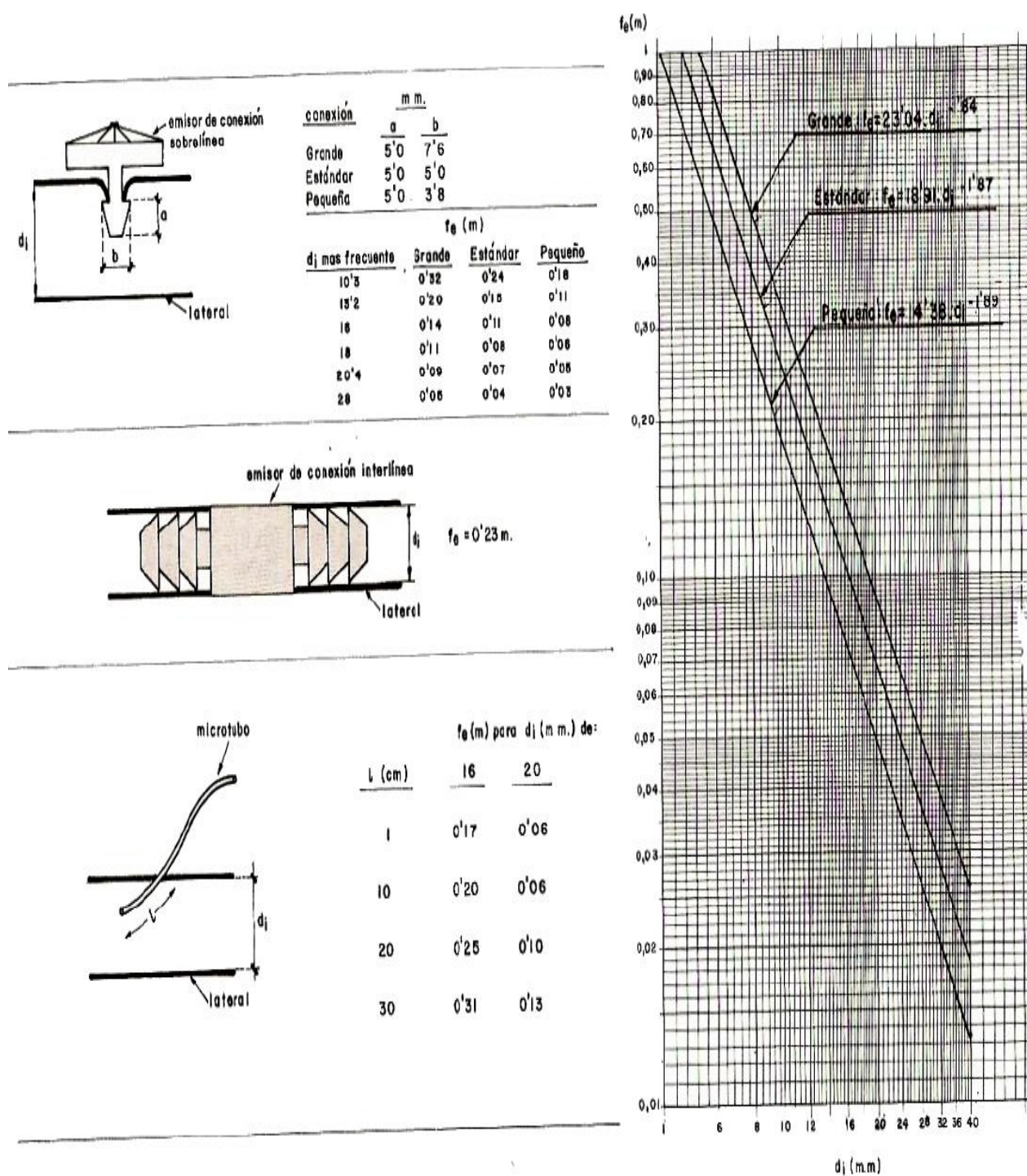


Nota: El programa Cropwat 8.0 calcula la Eto automáticamente después de se termina de ingresar los valores de las variables climáticas. En la figura se observa que la mayor Eto corresponde al mes de marzo con un valor de 6 mm/día.

Fuente: Propio.

ANEXO IV. FIGURAS

➤ Longitud equivalente de la conexión de un emisor



Fuente: Fernando Pizarro - Riegos localizados de alta frecuencia - 3ra Ed.- España – 1996.

ANEXO V. COSTOS DE PRODUCCIÓN

COSTOS DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSIÓN-FINCA "LA PORFIA"-MALPAISILLO-LEÓN				
MATERIALES Y EQUIPOS PARA LA INSTALACIÓN				
UM	CANT.	Descripción	PREC. UNIT (C\$)	TOTAL(C\$)
UN	10	TUBO PVC 50 MM (2") X 6MTS SDR41 CC GR	126.52	1265.2
UN	15	TUBO PVC 38 MM (2") X 6MTS SDR41 CC GR	98.53	1477.95
UN	8	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 50 MM (2") BL	11.99	95.92
UN	2	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 25 MM (1") BL	5.64	11.28
UN	8	CODO LISO PVC PRESS 50 MM (2")X90 BL	19.99	159.92
UN	3	RED LI PVC PRES 50 MM (2")X25MM (1") BL	12.93	38.79
UN	3	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 25 MM (1") BL	6.35	19.05
UN	2	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 50 MM (2") BL	11.99	23.98
UN	4	TE LISA PVC PRESS 50 MM (2") BL	26.57	106.28
UN	2	TE LISA PVC PRESS 25 MM (1") BL	44.92	89.84
UN	2	REDLI PVC PRES 25 MM (1")X12 MM(1/2")	3.29	6.58
UN	3	ADAPTADOR HEMBRA PVC PRES 12 MM (1/2")	2.35	7.05
UN	1	MANOMETRO GLICERINA 0 - 100 PSI	155.44	155.44
UN	2	VALVULA AIRE 25 MM (1") AG	288.54	577.08
UN	3	LLAVE BOLA C/R PVC PRES 50 MM (2") BL	120.4	361.2
UN	1	LLAVE BOLA C/R PVC PRES 25 MM (1") BL	52.21	52.21
UN	4	RED LI PVC PRES 50 MM (2")X38MM (1-1/2") BL	12.93	51.72
UN	2	TAPON HEMBRA C/R PVC PRESS 50 MM (2") BL	23.99	47.98
UN	4	ADAPTADOR MACHO PVC PRESS 38 MM (1 1/2") BL	9.64	38.56
UN	2	CODO LISO PVC PRESS 38MM (1 1/2")X45 BL	15.29	30.58
UN	5	PEGAMENTO PVC 1/8 GALON GR	91.48	457.40
UN	285	MICRO QUICK SPRAYS BOQ. QN - 24	29.87	8512.95
UN	1	FILTRO DE MALLA 2" 120 MESH	1058.35	1, 058.35
UN	36	CONECTORES PVC 16 MM + EMPAQUE	7.06	254.01
UN	20	CONECTORES 16 MM X 16 MM	6.35	127.00
MTS	1500	MANGUERA PE 16 MM	4.70	7, 055.70
UN	1	MOTOBOMBA BARNES MOD. 1515 HC/168 F 1 /12" X 1 1/2"	9525.20	9, 525.20
SUB-TOTAL				31, 607.22
IVA		0.15		4, 741.08
GRAN TOTAL (C\$)				36, 348.30

COSTOS DE PRODUCCIÓN DE PLÁTANO VARIEDAD (CUERNO ENANCO) CON RIEGO POR MICROASPERSIÓN				
Finca : La Porfía		Lugar: Malpaisillo, León.		
Propietario : Leoncio Vanegas		Área de Siembra: 1 Mz		
Descripción	Cantidad	U. M	Prec. Unit. (C\$)	Costo Total (C\$)
Insumos				
Semilla (Cormos)	1792	Plantas	2	3, 584
Cinta para plátano	1900	UN	0.05	95
Bolsa tratada	1900	UN	0.123	233.7
Urea 46 % (2 onzas/plantas * 5 veces Ciclo)	9	qq	650	5, 850
18 - 46 - 0	4	qq	820	3, 280
KCl (Cloruro de Potasio)	7	qq	780	5, 460
Sulfato de Amonio	4	qq	480	1, 920
Baycor 300 DC	1	Lt	450	450
Bravo	6	Lt	150	900
Silvacur	1	Lt	250	250
Mancozeb	6	Kg	130	780
Carvendazim 50 EC	2	Lt	150	300
Sub Total Insumos				23, 102.70
Mano de Obra				
Limpieza del Área antes de la Siembra (2 semana antes de siembra)	1	Mz	1500	1, 500
Quema de Rastrojos (1 semana antes de siembra)	1	Mz	1000	1, 000
Hoyado	7	D/H	110	770
Siembra y Tapado	6	D/H	80	480
Instalación del sistema de riego	1	Mz	2350	2, 350
Control de malezas manual: (2 veces Ciclo)	12	D/H	110	1, 320

Control de Plagas y Enfermedades: (cada 15 días Protección y 22 días Sistemático)	22	D/H	100	2, 200
Fertilización: (6 aplicaciones ´por ciclo cada 2 meses y 6 aplicación Foliar cada 2 meses)	18	D/H	100	1, 800
Deshije: (3 en el Ciclo cada 2 meses a partir 4 - 6 mes)	9	D/H	120	1, 080
Saneos: (deshoje, despunte, cirugía, despioje) 20 veces por ciclo cada 15 días, 1- 2 mes	32	D/H	130	4, 160
Destalle: (2 veces ciclo a partir de la cosecha)	6	D/H	100	600
Deschire y Desmane: (cada 8 días por 2 meses) 7 - 8 al Mes	8	D/H	100	800
Riego: (6 meses cada 2 días, 1.8 horas diarias)	20	D/H	50	1, 000
Cosecha: corte, acarreo y desmane (4 - 6 corte cada 15 días)	20	D/H	110	2, 200
Sub Total Mano de Obra				21, 260.00
Riego				
Infraestructura del Sistema de Riego por Microaspersión (Materiales y Equipo)	1	Mz	36348.3	36, 348.3
Operación del Sistema de Riego: (Gasolina) (0.38 Gl/h) x 6 meses (1.8 Horas/día)	62	Gl	124	7, 688
Mantenimiento de Equipo:(3 veces en 6 meses)	3	Motor	300	900
Sub Total del Riego				44, 936.30
Gran Total				89, 299.00

Ingresos por venta de plátano (variedad Cuerno Enano)				
Plátano de Primera	53, 312	UN	2	106, 624
Plátano de segunda	6, 272	UN	1.5	9, 408
Plátano de Tercera o cola	3, 136	UN	1	3, 136
Total				119, 168.00
Ganancia Neta anual 12 meses				29, 869.00
Nota: Se estima que la producción de plátano por planta de esta variedad es de 35 unidades, y que el plátano de primera calidad representa un 85 % de la producción total, el de segunda el 10 % y el de tercera el 5 %.				

ANEXO VI. PLANOS

ANEXO VII. IMÁGENES

➤ **TRABAJO DE CAMPO PREVIO AL DISEÑO E INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO**

Inspección del área destinada al riego



Inspección de la fuente de abastecimiento de agua



Pruebas de Infiltración del Suelo



Muestreo de Suelo



➤ **INSTALACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO POR MICROASPERSOR**

Zanjeo para la colocación de las tuberías



Tendido de Tuberías Conductora y Terciarias en sus respectivas zanjas



Acople y Pegado de Tuberías



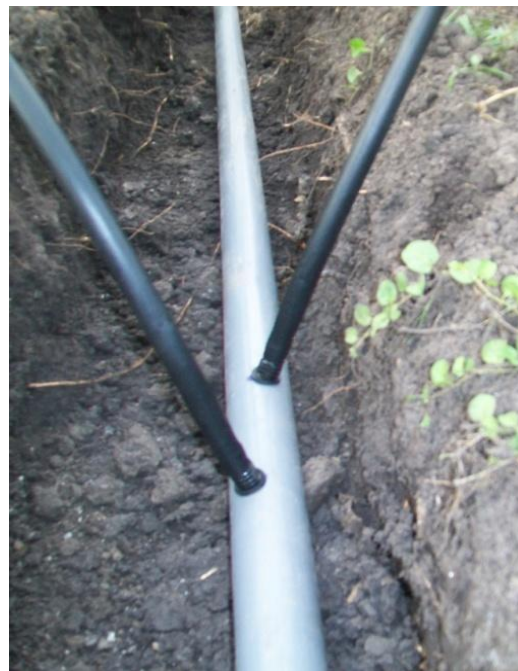
Inserción de conectores PVC - PE en tuberías terciarias



Tendido de los laterales de riego (Mangueras de PE 16 mm)



Conexión de Laterales (PE) a tuberías Terciarias (PVC)



Perforaciones de laterales y su conexión con el Microaspersor



Instalación del Caballete de Riego



Instalación del Cabezal de Riego



Acople del Cabezal de Riego a la Motobomba



Recubrimiento de zanjas



Funcionamiento del sistema de riego por Microaspersión

